



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería Telemática

PROYECTO FIN DE CARRERA

DISEÑO Y DESPLIEGUE DE LA INFRAESTRUCTURA AUDIOVISUAL DE UN SALÓN DE ACTOS

Autor: M^a Elena Moreno Mendoza

Tutor: Francisco Valera Pintor

Leganés, Junio de 2013

Título: DISEÑO Y DESPLIEGUE DE LA INFRAESTRUCTURA AUDIOVISUAL DE UN
SALÓN DE ACTOS

Autor: M^a Elena Moreno Mendoza

Director: Francisco Valera Pintor

EL TRIBUNAL

Presidente: Alberto García

Vocal: Daniel Diaz

Secretario: Matilde Sánchez

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día 25 de Junio de 2013 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de _____

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

Agradecimientos

Agradezco a mi tutor, Francisco Valera, la oportunidad de realizar este proyecto cuando parecía imposible.

A Pedro Aguilera y Abelardo Estébanez por su colaboración.

A Javier Zamarra por su inestimable ayuda.

A Ramón Laredo y Adrián Valiente por su amabilidad y por ayudarme de forma desinteresada.

En especial a Eva y a mi familia por apoyarme y soportarme en estos largos años que ha supuesto la carrera completa y el proyecto, por fin!!!

Resumen

El presente proyecto comprende el diseño de la instalación audiovisual de un salón de actos de uso polivalente, aunque uno de sus usos principales será la celebración de conferencias,

Aunque el proyecto engloba la instalación audiovisual completa, el sistema que requiere mayor base teórica, detalle y tiempo de diseño es el sistema de sonorización. Primero para escoger los altavoces adecuados y después para simular el sistema de refuerzo sonoro mediante software y predecir su comportamiento, aunque su ajuste final se realizará durante las pruebas de puesta en marcha de la instalación.

Se dota al salón de actos existente de un sistema de sonorización para la reproducción de palabra y música, un sistema de proyección de video con proyectores y pantalla, un sistema de videoconferencia con cámaras y codec y un sistema de iluminación mediante proyectores tipo Fresnel. En la sala de control se equipan matrices y procesadores de audio y vídeo que permiten distribuir la señales a cualquier punto de la instalación, así como reproductores y grabadores. Por último para centralizar el control de todos los equipos se instala un sistema de control que permite el manejo y programación de todos los sistemas a través de dos pantallas táctiles que constituyen un interfaz de control sencillo y eficaz.

Palabras clave: acústica, sonorización, audio, vídeo, iluminación, control, equipamiento audiovisual, cableado, alimentación eléctrica.

Abstract

The Project includes the design of the audiovisual system of a versatile auditorium whose principal use will be the celebration of conferences.

Despite the project encompass the whole audiovisual system, the sound reinforcement system requires more theoretical basis, details and design time. The first step is to choose the loudspeakers and then to simulate the system with a specific software, to predict its performance. However the final balance will be adjust during the on site tests.

The auditorium is provided with a sound reinforcement system for speech and music, a video projection system with projectors and a big projector screen, a videoconference system with cameras and a codec and a lighting system with Fresnel lighting projectors. The control room is equipped with audio and video matrices and processors which distribute the signal to any point of the system, as well as player and recording equipments. Last but not least to centralize the control of all the equipment, it is provided a control system to programme and manipulate all the systems through two touchscreens that make up the easy and efective control interface.

Keywords: acoustics, sound reinforcement, audio, video, lighting, control, A/V equipment, wiring, electrical feeding.

Índice general

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVOS	1
1.3 FASES DEL DESARROLLO	2
1.4 MEDIOS EMPLEADOS.....	3
1.5 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA	3
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
2.1 INTRODUCCIÓN	5
2.2 SISTEMAS DE AUDIO	6
2.2.1 <i>Propagación del sonido en recintos cerrados</i>	6
2.2.2 <i>Fenómenos del sonido presentes en recintos cerrados</i>	9
2.2.3 <i>Teorías acústicas</i>	13
2.2.3.1 Teoría estadística	13
2.2.3.2 Teoría geométrica.....	16
2.2.3.3 Teoría ondulatoria	17
2.2.3.4 Teoría psicoacústica	20
2.2.4 <i>Comportamiento real de una sala</i>	24
2.2.5 <i>Sonorización</i>	25
2.2.5.1 Objetivos de la sonorización.....	25
2.2.5.2 Realimentación Acústica.....	26
2.2.5.3 Distancia crítica	28
2.2.5.4 Máxima distancia física.....	30
2.2.5.5 Sistema de refuerzo sonoro. Criterios de nivel.....	30
2.2.5.6 Distancia Acústica Equivalente (EAD)	31
2.2.5.7 Ganancia Acústica (AG).....	32
2.2.5.8 Ganancia Acústica Necesaria (NAG)	32
2.2.5.9 Ganancia Acústica Potencial (PAG).....	32
2.2.5.10 Potencia Eléctrica Necesaria.....	33
2.2.5.11 Protocolo de sonorización	33
2.2.6 <i>Características básicas de los altavoces</i>	33
2.2.6.1 Clasificación	34
2.2.6.2 Directividad	34
2.2.6.3 Respuesta en frecuencia.....	38
2.2.6.4 Respuesta temporal.....	39
2.2.6.5 Impedancia eléctrica	40

2.2.6.6 Potencia eléctrica	41
2.2.6.7 Sensibilidad.....	42
2.2.6.8 Rendimiento.	42
2.2.6.9 Line array	43
2.2.7 <i>Parámetros medida calidad acústica</i>	45
2.2.7.1 Tiempo de reverberación (TR)	46
2.2.7.2 Tiempo de Caída Inicial (EDT) (Early Decay Time)	46
2.2.7.3 ALCons	47
2.2.7.4 STI	48
2.2.7.5 RASTI.....	49
2.2.7.6 Claridad.....	49
2.2.7.7 Intimidad (ITDG)	49
2.2.7.8 Ruido de Fondo.....	50
2.3 SISTEMAS DE VÍDEO.....	51
2.3.1 <i>Cámaras</i>	51
2.3.1.1 Configuración básica.....	51
2.3.1.2 Tipos de lente.	52
2.3.1.3 Iris o diafragma	53
2.3.1.4 Cámaras motorizadas	53
2.3.2 <i>Sistemas de proyección</i>	53
2.3.2.1 Tecnologías de proyección.	53
2.3.2.2 Resolución.	56
2.4 SISTEMAS DE VIDEOCONFERENCIA	56
2.4.1 <i>Compresión, codificación y distribución multimedia</i>	56
2.4.2 <i>Fundamentos de la videoconferencia</i>	63
2.4.2.1 Organización, equipamiento básico y tipología.....	64
2.4.2.2 Estándares y tecnologías.	65
2.4.2.3 Estándar H.323	66
2.4.2.4 Protocolo SIP	69
2.4.2.5 H.323 vs SIP	71
2.5 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.....	71
2.5.1 <i>Magnitudes fotométricas</i>	71
2.5.2 <i>Componentes de un proyector</i>	73
2.5.3 <i>Tipos de lámparas</i>	74
2.5.4 <i>Tipos de proyectores</i>	76
2.5.5 <i>Emplazamiento de los proyectores</i>	80
2.5.6 <i>Control de iluminación</i>	81
3. CABLEADO AUDIOVISUAL.....	84
3.1 INTRODUCCIÓN	84
3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CABLEADO	85
3.3 RESUMEN TIPOS GENERALES DE CABLEADO Y CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES	90
3.3.1 <i>Par trenzado</i>	90
3.3.2 <i>Cable Coaxial</i>	92
3.3.3 <i>Fibra Óptica</i>	92
3.4 CABLEADO Y CONECTORES DE AUDIO	96
3.4.1 <i>Cable balanceado y no balanceado</i>	96
3.4.2 <i>Audio analógico y audio digital</i>	97
3.4.3 <i>Conectores de audio</i>	97
3.5 SISTEMAS DE VÍDEO.....	99
3.5.1 <i>Cableado analógico de vídeo y conectores</i>	99
3.5.2 <i>Cableado digital de vídeo y conectores</i>	101
3.6 CABLEADO AUDIO/VÍDEO SOBRE PAR TRENZADO	103
3.6.1 <i>Sistema básico</i>	103
3.6.2 <i>Funcionamiento</i>	103
3.6.3 <i>Tipo de señales</i>	104
3.6.4 <i>Ventajas y aplicaciones</i>	104
3.6.5 <i>Equipamiento</i>	105
3.6.6 <i>Diferencias con cableado de redes de datos</i>	106

ÍNDICE general

3.7 CABLEADO DE CONTROL DE ILUMINACIÓN.....	107
4. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.....	108
4.1 INTRODUCCIÓN	108
4.2 NECESIDADES DEL SISTEMA	109
4.2.1 <i>Cabina de control</i>	110
4.2.2 <i>Mesa de presidencia</i>	110
4.2.3 <i>Proyección</i>	111
4.2.4 <i>Videoconferencia</i>	111
4.2.5 <i>Sonido</i>	112
4.2.6 <i>Vídeo</i>	113
4.2.7 <i>Equipos de grabación y reproducción de audio y vídeo</i>	113
4.2.8 <i>Interconexión de los sistemas de audio y vídeo</i>	114
4.2.9 <i>Elementos de control</i>	115
4.2.10 <i>Iluminación</i>	115
4.3 SISTEMA DE AUDIO	115
4.3.1 <i>Esquema de principio</i>	116
4.3.2 <i>Sistemas de Refuerzo sonoro</i>	118
4.3.2.1 Descripción de la sala	119
4.3.2.2 Cálculos teóricos.....	119
4.3.2.3 Elección de altavoces y etapas de potencia. Equipamiento sonorización	123
4.3.2.4 Simulación	129
4.3.2.5 Previsión situación real.....	140
4.3.3 <i>Micrófonos</i>	141
4.3.3.1 Sistema de conferencias	141
4.3.3.2 Micrófono atril.....	141
4.3.3.3 Micrófonos inalámbricos	142
4.3.4 <i>Resto de equipamiento</i>	143
4.3.4.1 Mesa de mezclas y ampliación de E/S	143
4.3.4.2 Monitores de sala de control.....	144
4.3.4.3 Grabador de audio.....	145
4.3.4.4 Distribución de audio a periodistas	145
4.4 SISTEMA TRANSMISIÓN AUDIO Y VÍDEO EN PAR TRENZADO.....	147
4.4.1 <i>Transmisión desde el escenario</i>	148
4.4.2 <i>Recepción, distribución y transmisión en sala de control</i>	149
4.4.3 <i>Recepción en el escenario</i>	150
4.5 SISTEMA DE VÍDEO Y VIDEOCONFERENCIA.....	150
4.5.1 <i>Esquema de principio</i>	150
4.5.2 <i>Videoproyección</i>	152
4.5.2.1 Videoprojector	152
4.5.2.2 Pantalla.....	154
4.5.2.3 Matriz HDMI	155
4.5.2.4 Procesador imágenes	156
4.5.2.5 Cámaras y mezclador de vídeo	157
4.5.2.6 Monitores escenario.....	159
4.5.2.7 Grabadores y reproductores de vídeo	159
4.5.3 <i>Videoconferencia</i>	161
4.6 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN	162
4.6.1 <i>Descripción sistema iluminación</i>	162
4.6.2 <i>Equipamiento iluminación</i>	163
4.6.2.1 Foco tipo Fresnel	163
4.6.2.2 Truss de iluminación	163
4.6.2.3 Motor elevación truss.....	164
4.6.2.4 Mesa de control de iluminación	164
4.6.2.5 Dimmer de iluminación	165
4.7 SISTEMA DE CONTROL.....	166
4.7.1 <i>Esquema de principio</i>	166
4.7.2 <i>Equipamiento</i>	169
4.7.2.1 Unidad central de control.....	169

4.7.2.2 Pantallas táctiles de control.....	170
4.7.2.3 Módulo DMX	172
4.7.2.4 Relés de control.....	173
4.8 CAJAS ESCENARIO	174
4.9 INSTALACIONES AUXILIARES Y SALA DE CONTROL	175
4.9.1 Cuadro eléctrico.....	175
4.9.2 Climatización	177
4.9.3 Trabajos auxiliares.....	177
4.9.4 Racks sala de control	178
4.9.5 Tomas de datos.....	178
4.10 CABLEADO	178
4.10.1 Audio analógico.....	179
4.10.1.1 Señales de línea	179
4.10.1.2 Altavoces	179
4.10.2 HDMI.....	179
4.10.2.1 Distancias cortas.....	179
4.10.2.2 Largas distancias.....	180
4.10.3 SDI.....	180
4.10.4 Cat5e.....	180
4.10.5 Cat6	181
4.10.6 Fibra óptica.....	181
4.10.7 Cable de control.....	181
4.10.8 DMX.....	182
4.10.9 Latiguillos y conectores varios	182
4.10.10 Cables de alimentación eléctrica	182
4.11 LISTADO RESUMEN DE EQUIPAMIENTO	184
5. DESPLIEGUE DE LA INFRAESTRUCTURA .PLANOS.....	187
6.VALIDACIÓN Y PRUEBAS DE LA INSTALACIÓN	198
6.1 PRUEBAS DE EQUIPOS INDIVIDUALES.....	200
6.2 PRUEBAS DE SUBSISTEMAS.....	201
6.3 PRUEBAS DE INSTALACIÓN COMPETA	206
7. PRESUPUESTO	207
8. CONCLUSIONES	215
9. GLOSARIO.....	217
10.REFERENCIAS.....	219

Índice de figuras

Figura 1. Sonido directo y sonido reflejado.	6
Figura 2. Curvas de niveles de presión sonora directa y reverberante.	7
Figura 3. Propagación esférica y cilíndrica de fuentes sonoras puntual y lineal.	8
Figura 4. Efectos de los obstáculos en la propagación del sonido	9
Figura 5. Reflexión del sonido.	11
Figura 6. Refracción del sonido.	11
Figura 7. Difracción del sonido por un obstáculo.	12
Figura 8. Difracción del sonido por una abertura.	12
Figura 9: Tiempo de reverberación.	14
Figura 10. Modos axiales, tangenciales y oblicuos en una sala rectangular.	18
Figura 11: 1.000 primeros modos propios de una sala de 7x4x3 metros.	18
Figura 12: 1.000 primeros modos propios de una sala de 14x8x6 metros.	19
Figura 13. Ratios recomendados entre el ancho (x) y largo (y) de una sala para obtener una distribución uniforme de los modos propios, según Bolt, Beranek y Newman.	20
Figura 14. Curvas de igual sonoridad Fletcher-Munson.	21
Figura 15. Curvas de ponderación A, B y C.	22
Figura 16. Superficie de enmascaramiento temporal y frecuencial de un tono.	23
Figura 17. Representación gráfica de la frecuencia crítica por Bolt, Beranek y Newman.	25
Figura 18. Aparición de realimentación conforme se aumenta la ganancia de un sistema.	27
Figura 19. Uso de micrófonos y altavoces directivos para disminuir la realimentación.	28
Figura 20. Distancia crítica en función de Q y R.	29
Figura 21. Distancia crítica.	29
Figura 22. Sistema básico de Refuerzo Sonoro.	30
Figura 23. Ejemplo de diagrama de directividad en 3 dimensiones del programa EASE.	35
Figura 24. Ejemplo de diagramas polares horizontales de un altavoz para distintas frecuencias tomado de la hoja de características de un altavoz comercial.	36
Figura 25. Ángulos horizontal y vertical de cobertura de un altavoz.	36
Figura 26. Diagrama polar de dos altavoces con el mismo ángulo de cobertura $C_L = 100^\circ$ y distintos factores de directividad $Q=3,5$ y $Q=13,4$	37

Figura 28. Curva de Respuesta en Frecuencia de un altavoz tomada de la hoja de características de un altavoz comercial.	39
Figura 29. Distintas curvas de respuesta temporal ante una señal de entrada de tipo escalón para diferentes valores de factor de calidad Q_{TS} del altavoz.	40
Figura 30. Gráfico de Decaimiento Acumulativo Espectrográfico.	40
Figura 31. Variación de la impedancia de un altavoz con la frecuencia.	41
Figura 32. Estrechamiento del ángulo de cobertura vertical al disminuir la separación entre altavoces.	44
Figura 33. Media guía de ondas vista desde el frente y desde el lateral interior.	45
Figura 34. Diferencia entre los valores de EDT y TR.	47
Figura 35. Gráficas y valores de las curvas NC.	50
Figura 36. Curvas NC recomendadas para diferentes tipos de recintos.	50
Figura 37. Componentes de una cámara de vídeo.	51
Figura 38. Tecnología proyector LCD.	54
Figura 39. Tecnología proyector DLP.	55
Figura 40. Tecnología proyector LCoS.	55
Figura 41. Comparación de las tasas de datos multimedia comprimidos y sin comprimir.	59
Figura 42. Formatos de muestreo de iluminancias y crominancias aprovechando la menor sensibilidad del ojo humano a los colores frente a la información de brillo.	60
Figura 43. Estándares de compresión de audio y vídeo.	61
Figura 44. Diferencias entre streaming y download.	63
Figura 45. Calidades de los distintos estándares de Videoconferencia.	65
Figura 46. Diagrama de bloques y flujos de información en estándar H.323.	67
Figura 47. Temperatura de color del espectro visible.	72
Figura 48. Componentes de un proyector.	73
Figura 49. Tipos de reflectores.	73
Figura 50. Formación de la lente Fresnel a partir de la lente plano convexa.	74
Figura 51. Ejemplos de proyectores softlight (izqda.) y flood (dcha.).	77
Figura 52. Panoramas de suelo (izqda.) y colgados (dcha.).	77
Figura 53. Proyectores de Cuarzo.	78
Figura 54. Proyector Fresnel (izqda) y proyector plano convexo (dcha.).	78
Figura 55. Proyectores PAR y lámparas compactas PAR.	79
Figura 56. Proyector de Recorte y distintos tipos de gobos.	79
Figura 57. Proyectores robotizados, de espejo móvil (izqda.) y de cabeza móvil (dcha.).	80
Figura 58. Cañón de Seguimiento.	80
Figura 59. Señal de tensión de red en azul y señal aplicada a la lámpara tras el dimmer, en rojo.	81
Figura 60. Circuito que simula la pérdida de señal en el cableado.	86
Figura 61. Circuito equivalente RC de un cable.	87
Figura 62. Circuito equivalente RC de un cable.	87
Figura 63. Circuito equivalente de un cable apantallado.	89
Figura 64. Tipos de pantallas.	89
Figura 65. Tipos de cables de par trenzado en función de su apantallamiento.	91
Figura 66. Partes de un cable coaxial.	92
Figura 67. Ley de Snell.	93
Figura 68. Reflexión de la luz en el interior de una fibra óptica por encima del ángulo límite.	93
Figura 69. Partes de un cable de fibra óptica.	94
Figura 70. Tipos de cables de fibra óptica.	95
Figura 71. Estructura de un cable no balanceado (izqda.) y otro balanceado (dcha.).	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 72. Tipos de conectores de audio.....	98
Figura 73. Cable RF y conectores BNC.....	99
Figura 74. Cable vídeo compuesto y conectores RCA.....	99
Figura 75. Cable S-vídeo y conectores mini-DIN 4 pines.	100
Figura 76. Cable de vídeo por componentes y conectores RCA.....	100
Figura 77. Cable y conector euroconector (izqda.) y adaptador euroconector (dcha.).	101
Figura 78. Conector VGA (izqda.) y mini-VGA (dcha.).	101
Figura 79. Cableado y conectores de vídeo digital.	102
Figura 80. Sistema básico de cableado de audio y vídeo sobre par trenzado con un emisor y un receptor.	103
Figura 81. Cable UTP y coaxial equivalente.....	105
Figura 82. Sistema de cableado de audio y vídeo sobre par trenzado con enrutado y distribución de señal.	106
Figura 83. Cables DMX.	107
Figura 84. Diagrama de bloques de interconexión de los sistemas de audio y vídeo.	114
Figura 85. Esquema de principio de la instalación de audio.	117
Figura 86. Geometría del salón de actos desarrollada en el software EASE.	119
Figura 87. Vista lateral del techo del auditorio y estimación de primeras reflexiones con la teoría geométrica.	120
Figura 88. Sistema sonorización básico.	123
Figura 89. Conexión sistema de sonorización.....	124
Figura 90. Cobertura Vertical Line Array.	124
Figura 91. Características Line Array.	125
Figura 92. Subwoofer.	126
Figura 93. Etapa de potencia línea array y subwoofer.	126
Figura 94. Altavoz de refuerzo y su etapa de potencia.	127
Figura 95. Procesador con Antifeedback.	128
Figura 96. Matriz y filtro crossover.	129
Figura 97. Listado de materiales empleados en las superficies del auditorio.	130
Figura 98. Geometría de la sala con colores asignados según materiales empleados.....	131
Figura 99. Ubicación y direccionamiento de los line array.....	131
Figura 100. Ubicación y direccionamiento de los line array.....	132
Figura 101. Distribución de SPL total en dBA.	133
Figura 102. Distribución de SPL total en dBA.	134
Figura 103. Distribución de ALCons en %.	135
Figura 104. Distribución de STI.....	136
Figura 105. Distribución de C80.....	137
Figura 106. Distribución de C80.....	138
Figura 107. Distancia crítica.	139
Figura 108. Distribución de primeras reflexiones en la sala, hasta orden 2.....	140
Figura 109. Sistema de conferencias para mesa del estrado.	141
Figura 110. Micrófono de atril.	141
Figura 111. Micrófonos inalámbricos.	142
Figura 112. Mesa de mezclas digital de audio.	143
Figura 113. Monitores de sala de control.	144
Figura 114. Grabador de audio.....	145
Figura 115. Amplificador de distribución de audio para periodistas.	145
Figura 116. Maletín de prensa.....	146
Figura 117. Esquema de transmisión de audio y vídeo sobre par trenzado.	148
Figura 118. Matriz de par trenzado.	149

Figura 119. Esquema de principio de instalación de vídeo.....	151
Figura 120. Videoprojector.	152
Figura 121. Tipo de lente según distancia proyector-pantalla.	153
Figura 122. Rangos de tamaños para la diagonal de la pantalla.	154
Figura 123. Rangos de tamaños de la pantalla (anchoxalto).....	154
Figura 124. Dimensiones y detalles montaje de pantalla.	155
Figura 125. Matriz de vídeo HDMI.	155
Figura 126. Procesador de imágenes.....	156
Figura 127. Cámaras y controlador.	157
Figura 128.Mezclador cámaras y conexionado.....	158
Figura 129.Reproductor y grabador vídeo.	159
Figura 130.Grabador de vídeo HD.....	160
Figura 131.Codec de videoconferencia.	161
Figura 132. Foco Fresnel.....	163
Figura 133. Truss de iluminación.....	163
Figura 135. Dimmer de iluminación.	165
Figura 136. Esquema de instalación de control.....	167
Figura 137. Unidad central de control.....	169
Figura 138. Pantalla táctil de control de 8".	170
Figura 139. Pantalla táctil de control de 6".	171
Figura 140.Interfaz RS-232/DMX para control.	172
Figura 141.Esquema de control de iluminación.....	172
Figura 142.Relés de control de motores y de encendido/apagado equipos.....	173
Figura 143.Hub de control.	174
Figura 144.Cajas de mesa y de suelo.	174
Figura 145.Detalles soportación y anclaje de equipos.	177
Figura 146.Cable de audio analógico para señales de micrófono o de línea.	179
Figura 147.Cable de audio analógico para señales de altavoces.....	179
Figura 148.Cable HDMI de alta velocidad para distancias de hasta 15 metros.....	180
Figura 149.Cable HDMI plano de alta velocidad.	180
Figura 150.Cable coaxial para transmisión de SDI.....	180
Figura 151.Cable UTP Cat5e.	181
Figura 152.Cable UTP Cat6.	181
Figura 153.Cable de control.	182
Figura 154.Cable DMX.....	182
Figura 155.Cable alimentación eléctrica.....	183
Figura 156.Diagrama de Gantt con la planificación del proyecto.....	207

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla resumen tiempos de reverberación y su campo de aplicación	15
Tabla 2. Correspondencia entre valores de %ALCons y la inteligibilidad de la sala	48
Tabla 3. Correspondencia entre valores de STI y la inteligibilidad de la sala	48
Tabla 4. Categorías de cable trenzado de 4 pares según EIA/TIA.....	91
Tabla 5. Tabla de cálculo tiempo reverberación salón de actos.....	120
Tabla 6. Tabla cálculo secciones líneas de alimentación circuitos audiovisuales.....	175
Tabla 7. Tabla circuitos de alimentación cuadro eléctrico.....	176
Tabla 8. Tabla resumen equipamiento audiovisual.....	186
Tabla 9. Presupuesto.	213

Capítulo 1

Introducción y objetivos

1.1 Introducción

Se pretende diseñar la instalación audiovisual de un salón de actos ficticio, partiendo de su definición arquitectónica y suponiendo que el uso que se le va a dar es el más versátil posible, de forma que permita celebrar distintos tipos de actos: conferencias, presentaciones, videoconferencias, ruedas de prensa, así como pequeños conciertos. En base a estos condicionantes se definirán los equipos a instalar.

1.2 Objetivos

El objeto del presente proyecto es definir el equipamiento audiovisual necesario para la realización de eventos en un salón de actos. Lo anterior se concreta en los siguientes objetivos:

- Definición del equipamiento de audio, vídeo y control necesario, así como su funcionalidad e interacción.
- Definición de la tipología de cableado de interconexión entre los equipos.
- Definición de las cajas de conexiones.
- Especificación del modo de instalación de los equipos.

- Elaboración de planos de la instalación con la disposición de los equipos y cajas de conexión, el cableado de interconexión y las canalizaciones
- Definición de las instalaciones auxiliares de alimentación eléctrica de los equipos y de refrigeración de la sala de control, en función del consumo eléctrico y disipación térmica del equipamiento.
- Definir la planificación de la ejecución de la obra/del proyecto.
- Elaboración de presupuesto de la instalación.

1.3 Fases del desarrollo

La primera etapa del proyecto ha sido la consulta de los conceptos teóricos necesarios para el diseño de los diferentes sistemas, siendo el sistema de sonorización el que requiere mayor base teórica, así como la realización de una simulación acústica mediante el software EASE 4.3 Jr para predecir el comportamiento de los altavoces seleccionados teóricamente.

En paralelo a esta revisión de conceptos teóricos se ha ido buscando información sobre instalaciones audiovisuales en auditorios y el estado actual de la tecnología en las diversas áreas a través de internet, listados de equipamiento de instalaciones reales de auditorios como una sala de videoconferencia de la Universidad Rey Juan Carlos o el teatro Fernán Gómez. Asimismo se han consultado recomendaciones sobre el equipamiento de auditorios, como el documento publicado por la red académica y de investigación española que proporciona servicios avanzados de comunicaciones a la comunidad científica y universitaria nacional, la RedIRIS [W53] , en el que se describen los sistemas y elementos básicos de la instalación audiovisual para un salón de actos polivalente.

Por otro lado también se han realizado visitas a las instalaciones de otros auditorios como las salas 1 y 2 de las Naves del Español del Matadero de Madrid y el teatro español. Aun no siendo instalaciones con uso idéntico al del auditorio objeto del proyecto, ya que se dedican a representaciones teatrales que requieren un uso aún más versátil y cambiante dependiendo de la obra a representar, han servido para conocer el estado actual de la tecnología y la forma de trabajar en estas instalaciones.

Conforme se iban definiendo los equipos a incluir en cada sistema audiovisual se han visitado las páginas webs de los fabricantes para conocer las funcionalidades precisas de los equipos, características técnicas especificaciones, precios y otros temas, para seleccionar los modelos específicos de equipos, esquemas de interconexión, tipología de cableado, etc.

Finalmente se ha dado forma al proyecto completo, escribiendo la memoria para reflejar tanto la base teórica necesaria para su desarrollo, el estado actual de la tecnología y la instalación en sí: equipamiento, interconexiones y funcionalidad.

1.4 Medios empleados

Para la elaboración del proyecto se han utilizado diversos medios, siendo los fundamentales libros de consulta especializados, apuntes de la carrera, páginas web de fabricantes y del desarrollador del software de simulación EASE 4.3 Jr. Todos estos medios están citados en el apartado de referencias.

1.5 Estructura de la memoria

Para facilitar la lectura de la memoria, se incluye a continuación un breve resumen de cada capítulo.

El presente capítulo de **introducción y objetivos** constituye el preámbulo del proyecto, indicando los objetivos del mismo, los medios empleados y un resumen de cada capítulo de la memoria.

En el segundo capítulo de **fundamentos teóricos** se expone la base teórica necesaria para el diseño de la instalación, con especial énfasis en la acústica de recintos y sonorización. Asimismo se verán los conceptos necesarios para el diseño de los sistemas de vídeo, videoconferencia e iluminación y las tecnologías actuales existentes.

En el tercer capítulo de **cableado** se verán en primer lugar características generales del cableado, para después analizar los distintos tipos de cableado de audio, vídeo y control de iluminación. Por otro lado se estudiarán las características especiales de los sistemas de transmisión de audio y vídeo sobre cableado de par trenzado, típico de las redes de datos.

El siguiente apartado describe en detalle **el diseño de la instalación**, realizando primero un análisis de las **necesidades** de la instalación audiovisual para un salón de actos polivalente y aplicándose después los fundamentos teóricos para la elección del equipamiento audiovisual, así como simulaciones para la selección de los equipos de refuerzo sonoro. Se incluyen también los esquemas de principio de la instalación, descripción de los equipos, funcionalidad y características principales así como un listado final de equipos.

En el apartado de **despliegue de la instalación** se incluyen los planos que permiten definir la instalación audiovisual completa, los esquemas de principio de las instalaciones de audio, vídeo y control, los planos con la ubicación de los equipos y la distribución del cableado audiovisual y eléctrico y su canalización asociada, así como planos de detalle del cuadro eléctrico y racks de la sala de control.

En el capítulo de **presupuesto** se incluye el desglose de coste de la instalación completa, así como un diagrama de Gantt con la planificación del proyecto.

En el apartado de **conclusiones** se realiza una valoración final de la funcionalidad y calidad de la instalación proyectada, así como un análisis de las posibles mejoras a realizar en un futuro.

Introducción y objetivos

En el **glosario** se incluye el significado de los acrónimos empleados a lo largo del proyecto.

Por último se incluyen las **referencias** empleadas para la elaboración del presente proyecto.

Capítulo 2

Fundamentos teóricos

2.1 Introducción

Una vez vistos los requisitos del sistema, el objetivo de este capítulo es describir las bases teóricas teóricos para emprender el diseño del sistema audiovisual del auditorio.

El capítulo se organiza con un primer apartado extenso que se centra en los fundamentos para el diseño del sistema de audio, tanto el estudio de la acústica de salas como los fundamentos de la sonorización, pasando también por las características de los altavoces y por último revisando los parámetros principales que permiten medir la calidad de un sistema de sonorización. El apartado 3.3 revisa las características fundamentales de los equipos de vídeo que se van a utilizar, cámaras y proyectores, así como las principales tecnologías de proyección existentes para la correcta definición del sistema de vídeo del auditorio. En el apartado 3.4 se realiza un breve repaso conceptual de las bases teóricas de la videoconferencia, equipamiento básico, tecnologías y estándares más empleados para poder definir el sistema de videoconferencia. Por último en el apartado 3.5 se proporcionan los conocimientos necesarios para el diseño de la iluminación del auditorio, partiendo de las magnitudes fotométricas básicas hasta el control de iluminación, pasando por los tipos de proyectores según su lámpara, función o emplazamiento.

2.2 Sistemas de audio

2.2.1 Propagación del sonido en recintos cerrados

En un recinto o local cerrado las ondas emitidas por una fuente llegan a un punto determinado por dos caminos. Primero, se recibe el sonido directo y después el sonido reflejado por las distintas superficies que conforman el recinto [L5].

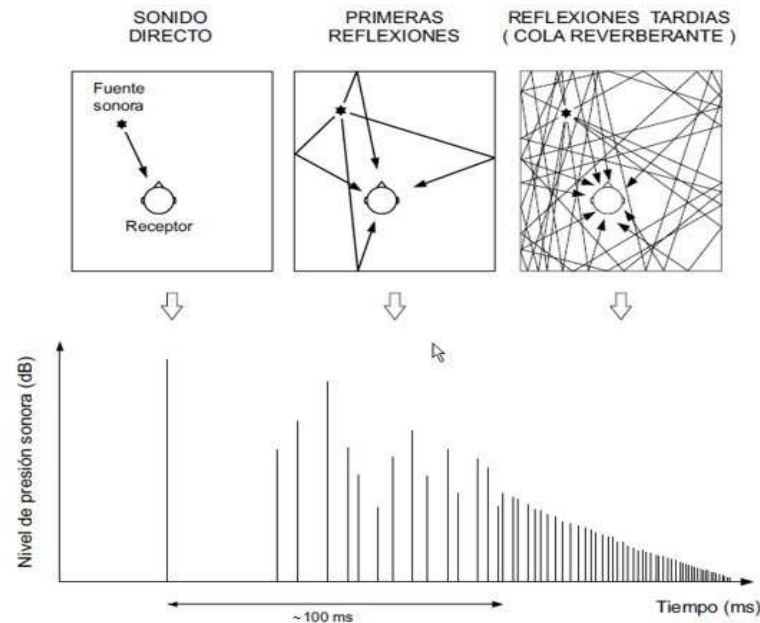


Figura 1. Sonido directo y sonido reflejado.

En la figura 1 [L5] se puede observar de una forma genérica la llegada primero del sonido directo con el nivel de presión sonora máximo para después comenzar a recibir las primeras reflexiones atenuadas dentro de los 100ms siguientes y posteriormente las últimas reflexiones que constituyen la reverberación con un nivel de presión sonora aún menor [L5].

En la práctica es imposible separar con exactitud el sonido directo de las primeras reflexiones por lo que se suele considerar sonido directo aquel que se recibe en los primeros 30-35ms, pudiendo existir diferencias en cuanto al límite temporal anterior.

El sonido directo sigue las leyes de campo libre, dependiendo exclusivamente de la distancia a la fuente. Suponiendo una fuente de sonido puntual omnidireccional y un campo libre sin superficies reflectantes, el nivel de presión sonora es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente, es decir, cada vez que se dobla la distancia a la fuente, el nivel de presión sonora desciende 6 dB [A1] , según la fórmula:

$$SPL_d = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right) \text{ en dB} \quad (1)$$

Siendo:

L_w : Nivel de presión sonora de la fuente (dB)

$L_w = 10 \log P + 120$, siendo P la potencia de la fuente en W

Q : Directividad de la fuente

r : Distancia del oyente a la fuente (m)

En cambio el nivel del sonido reverberante depende del camino recorrido, así como el grado de absorción acústica de los materiales utilizados en la construcción del recinto, en definitiva de la geometría y materiales de la sala [A1] . Esta dependencia se puede representar a través del parámetro, R, denominado constante acústica de la sala de forma que el nivel de presión sonora reflejada es un valor constante cuyo valor se obtiene según la fórmula:

$$SPL_r = L_w + 10 \log \left(\frac{4}{R} \right) \text{ en dB} \quad (2)$$

Siendo:

L_w : Nivel de presión sonora de la fuente (dB)

R : Constante acústica de la sala

$R = \frac{S \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}}$ donde S es la superficie de las paredes de la sala en m^2 y $\bar{\alpha}$ el coeficiente medio de absorción de la sala

De esta forma al unirse las distintas reflexiones al sonido directo se aumentará su nivel y ayudará a que el nivel de presión sonora no descienda tanto al alejarse de la fuente como en los espacios abiertos. El efecto resultante de la suma de los niveles de presión sonora directa y reflejada es el mostrado en la figura 2 [L5].

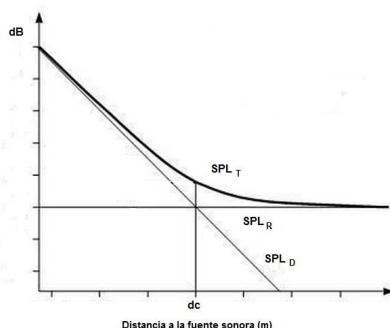


Figura 2. Curvas de niveles de presión sonora directa y reverberante.

En la figura 2 se puede observar el punto de intersección entre la curva de sonido directo y la del campo reverberante, este punto nos marca la distancia a la cual se igualan los niveles de presión sonora directa y reverberante, denominada distancia crítica (dc). Posteriormente se verá que este parámetro es de vital importancia en la sonorización o acondicionamiento acústico de una sala para conseguir una buena percepción de la música o de la palabra [L5].

En cuanto al sonido directo, es necesario distinguir la diferencia entre la propagación del sonido proveniente de una fuente de sonido puntual, que se propaga en forma de ondas esféricas y la fuente lineal, en la que el sonido se propagara en forma de ondas cilíndricas. En este último caso se obtiene una diferente relación de variación de la energía en función de la distancia, de forma que el nivel de presión sonora decrece más lentamente que en la fuente lineal, 3 dB cada vez que se dobla la distancia a la fuente [L1] [W1] .Según la fórmula:

$$SPL_d = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{2\pi r} \right) \text{ en dB} \quad (3)$$

Siendo:

L_w : Nivel de presión sonora de la fuente (dB)

$L_w = 10 \log P + 120$, siendo P la potencia de la fuente en W

Q : Directividad de la fuente

r : Distancia del oyente a la fuente (m)

Un ejemplo de fuente lineal es una carretera o vía ferroviaria, considerada desde el punto de vista acústico [W1] . En relación con el presente proyecto se considerará fuente lineal una columna de altavoces, este tipo de altavoces se utilizan para sonorizar grandes salas ya que presenta menores atenuaciones con la distancia.

En la figura 3 [W1] se puede comprobar la diferente propagación de los dos tipos de fuentes. Para dos fuentes sonoras, puntual y lineal, con la misma potencia acústica, en el caso de la fuente puntual la superficie que atraviesa el haz sonoro crece según el cuadrado de la distancia al altavoz por lo que el nivel sonoro decrece rápidamente, mientras que en el caso de la fuente lineal la superficie que atraviesa el haz sonoro crece linealmente con la distancia al altavoz, por lo que el nivel sonoro decrece más lentamente [W1] .

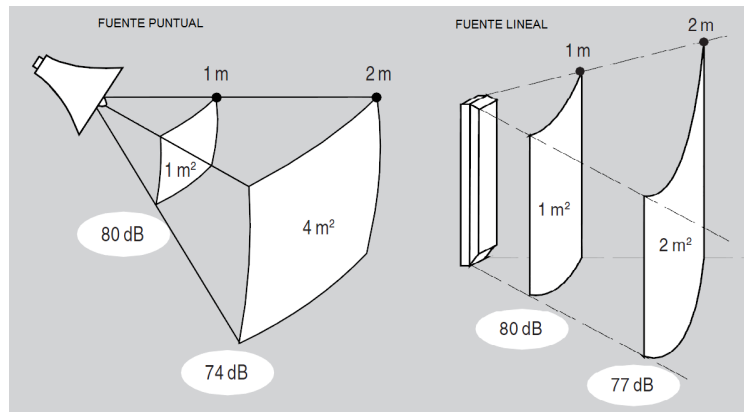


Figura 3. Propagación esférica y cilíndrica de fuentes sonoras puntual y lineal.

De acuerdo a lo anterior la variación entre el nivel de presión sonora entre dos puntos, situados a una distancia d_1 y d_2 de la fuente (con $d_2 > d_1$) será la siguiente dependiendo de si la fuente es puntual o lineal [L1].

$$\Delta SPL_{puntual} = 20 \log \frac{d_2}{d_1} \quad (4)$$

$$\Delta SPL_{lineal} = 10 \log \frac{d_2}{d_1} \quad (5)$$

2.2.2 Fenómenos del sonido presentes en recintos cerrados

Tras emitirse el sonido en el interior de la sala por la fuente, éste se propaga atenuándose hasta que choca con las paredes u objetos que obstaculizan su camino, produciéndose diferentes fenómenos como la absorción, reflexión, difracción e interferencia [L5], mostrados en la figura 4 [W16] .

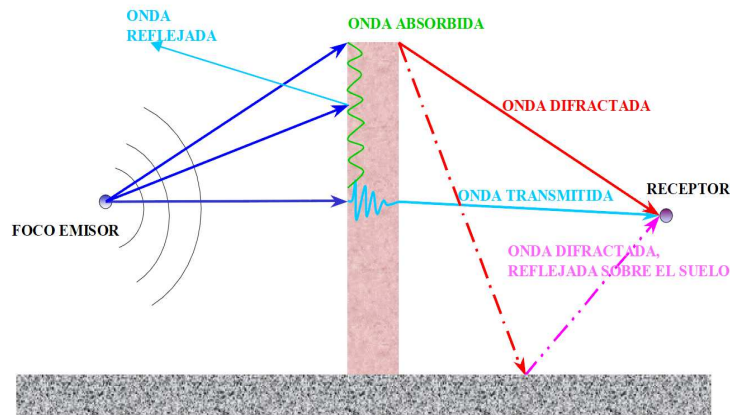


Figura 4. Efectos de los obstáculos en la propagación del sonido

Al estar en un recinto cerrado los posibles efectos de atenuación por viento, gradientes de temperatura y humedad son despreciables [L1].

A continuación se describe en qué consisten los fenómenos físicos del sonido básicos que se producen en una sala.

a) Atenuación

Como se menciona en el apartado anterior es la pérdida de energía de las ondas sonoras al propagarse. Se describe por la ley cuadrática inversa de la fórmula (1).

b) Absorción

Consiste en la disminución de la energía sonora al chocar contra una superficie, aunque la mayor parte de energía sea reflejada parte es absorbida por el nuevo medio. En el interior de un recinto el sonido impacta contra las distintas superficies que lo conforman, las personas y objetos que están en su interior e incluso el aire presente en el interior de la sala.

En realidad el aire de la sala constituye una superficie contra la que choca la onda sonora. Esta atenuación depende de la frecuencia del sonido, de la temperatura y de la humedad del aire. Cuanto mayor es la frecuencia, mayor es la atenuación. No obstante, en nuestro caso su efecto de absorción es despreciable ya que la longitud máxima del auditorio son unos 30 metros y los valores habituales de absorción del aire varían de 0,3 dBA a 1 dBA por cada 100 metros de recorrido para las distintas frecuencias. Este parámetro tiene sentido en el proceso de decrecimiento del sonido y, por tanto, en el

tiempo de reverberación, sólo para alta frecuencia, de 2000 Hz a 4000 Hz, y para volumen grande de la sala ($>5000 m^3$) [W16]

Por tanto, los elementos que tendrán un **coeficiente de absorción** a considerar en los recintos cerrados son las superficies de la sala y las personas. Para poder cuantificar dicha absorción se define el coeficiente de absorción de un material como [A1] :

$$\alpha = \frac{E_{\text{absorbida}}}{E_{\text{incidente}}} \quad (6)$$

En general se puede decir que:

- La absorción aumenta con la frecuencia.
- Para altas frecuencias la absorción no depende del espesor del material.
- Para bajas frecuencias la absorción aumenta con el espesor.

A partir del coeficiente de absorción α , se define la absorción de una superficie S como el producto $\alpha \cdot S$, que se mide en Sabines, unidad de medida de la absorción acústica [A1] .

El coeficiente de absorción medio de un local $\bar{\alpha}$ se define como:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (7)$$

Siendo:

$S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ las áreas de las distintas superficies del local.

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ n sus correspondientes coeficientes de absorción.

c) Reflexión

Cuando la onda sonora incide sobre una superficie o un obstáculo (cuyas dimensiones son mayores a las de su longitud de onda, realmente dimensiones mayores a $\lambda/4$) parte de su energía es reflejada. Para el estudio de las reflexiones se suele utilizar la teoría geométrica basada en las leyes de la óptica geométrica, representándose el sonido por una línea recta o rayo sonoro perpendicular al frente de onda de propagación del sonido [L5][W6] [W6] .

De esta forma, según la figura 5 [W2] cuando el rayo sonoro incide sobre una superficie, parte de su energía es reflejada según las leyes de la reflexión [W2] :

- La onda incidente, la normal a la superficie reflectora y la onda reflejada se encuentran en el mismo plano.
- El ángulo que la onda incidente y la reflejada forman con la normal son iguales.

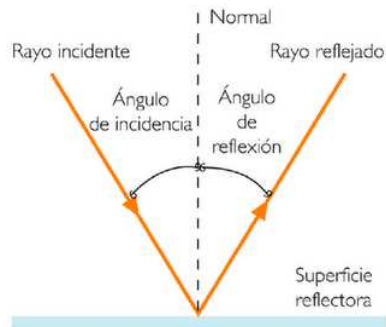


Figura 5. Reflexión del sonido.

d) Reflexión difusa

Se produce cuando la superficie que entra en contacto con la onda sonora, no es lisa, sino rugosa. Como consecuencia, habrá una gran cantidad de puntos de incidencia, que reflejarán el sonido en todas las direcciones, dispersándolo [P3] .

e) Refracción

La refracción es el cambio de dirección de una onda al pasar de un medio a otro. Se debe a la variación de las propiedades del medio transmisor, modificando la velocidad y la dirección de la onda sonora [W3].

La desviación del rayo refractado, mostrada en la figura 6 [W3] dependerá de la naturaleza de los materiales. Según la ley de Snell la relación entre los ángulos del rayo incidente y el refractado, θ_1 y θ_2 , depende de la relación entre los índices de refracción de los dos medios, n_1 y n_2 .

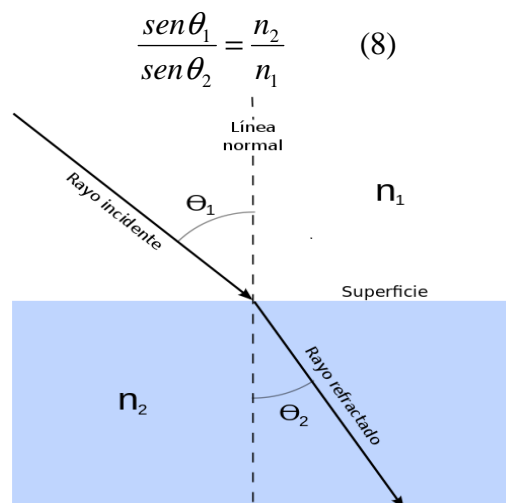


Figura 6. Refracción del sonido.

En el interior del recinto cerrado que nos ocupa, un auditorio, sólo hay un medio, cuyas características de temperatura y humedad prácticamente no varían, por tanto este fenómeno no será tenido en cuenta. En el caso de la propagación del sonido en el aire en espacios abiertos, sí son significativas las refracciones, dado que su temperatura no es uniforme.

f) Difracción

Es la desviación que sufren las ondas sonoras cuando encuentran en su camino un obstáculo o una abertura de un tamaño comparable al de su longitud de onda λ .

Este fenómeno se explica según el Principio de Huygens, según el cual cualquier punto de un frente de ondas es susceptible de convertirse en un nuevo foco emisor de ondas idénticas a la que lo originó. De acuerdo con este principio, cuando la onda incide sobre una abertura o un obstáculo que impide su propagación, todos los puntos de su plano se convierten en fuentes secundarias de ondas, emitiendo nuevas ondas, denominadas ondas difractadas

En el caso del obstáculo, si las dimensiones del mismo son comparables a la longitud de onda del sonido λ (dimensiones menores que $\lambda/4$), detrás del obstáculo se recibe el sonido a partir de una nueva fuente puntual situada en el punto de colisión de la onda original con el límite del obstáculo, según se muestra en la figura 7 [W4] .

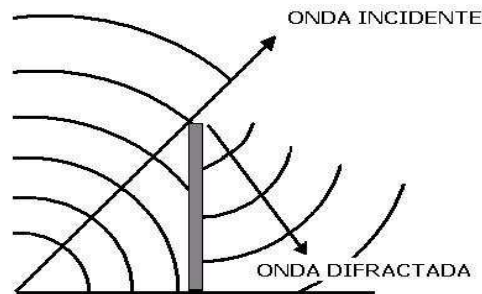


Figura 7. Difracción del sonido por un obstáculo.

Mientras que si se trata de una abertura cuyas dimensiones son comparables a la longitud de onda del sonido (dimensiones menores que $\lambda/4$), ésta se convierte en una fuente puntual, radiando la energía incidente en forma de ondas esféricas, según la figura 8 [W5] .

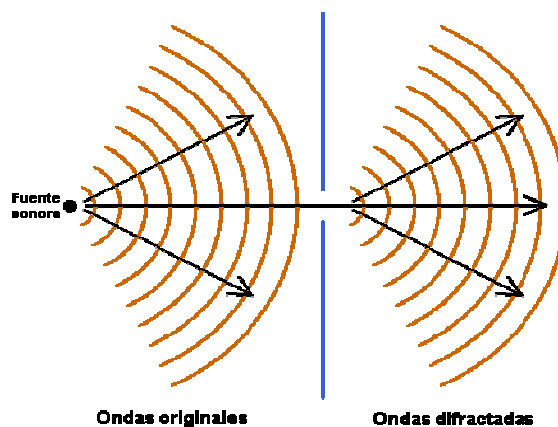


Figura 8. Difracción del sonido por una abertura.

g) Interferencia

Se produce cuando en un punto coinciden dos ondas. Según la relación de fase entre ambas la onda resultante será reforzada, interferencia constructiva, o atenuada interferencia destructiva [P3] .

Este fenómeno es muy relevante en la sonorización de los recintos cerrados ya que una ubicación incorrecta de varios altavoces puede generar interferencias destructivas de forma que se producen efectos “peine” indeseados en los que se atenúan ciertas frecuencias generando una reproducción no natural del sonido [L2] .

2.2.3 Teorías acústicas

Las teorías acústicas nos permiten analizar la propagación del sonido con diferentes herramientas matemáticas, que han ido perfeccionándose conforme han ido avanzando los medios técnicos de cálculo y análisis. Las cuatro teorías básicas sobre las que se fundamenta el análisis acústico de una sala son:

- Teoría estadística
- Teoría geométrica
- Teoría ondulatoria
- Teoría psicoacústica

La teoría estadística es la más simple, pero permite obtener datos fundamentales del comportamiento acústico de una sala de forma rápida. En las dos siguientes teorías se va incrementando la precisión en la modelización del campo sonoro en un recinto. La teoría psicoacústica, a diferencia de las tres primeras teorías, además de los parámetros objetivos estudia factores subjetivos asociados a la percepción del sonido por el oído humano, que no se corresponde necesariamente con el sonido analizado por un equipo digital de medida objetivo.

En cualquier caso todo resultado obtenido por un cálculo teórico aplicando las anteriores teorías o a través de un programa de simulación, como puede ser la ubicación y orientación de unos altavoces, la utilización de superficies reflectoras, será necesario comprobarlo o ajustarlo in situ bajo el juicio subjetivo del oído humano.

2.2.3.1 Teoría estadística

Normalmente es esta teoría que se aplica primero, ya que permite obtener una caracterización rápida y aproximada del campo sonoro con un modelo matemático sencillo. La teoría estadística es válida para las condiciones de campo difuso que son las siguientes [P2] :

- Las ondas reflejadas se propagan en todas las direcciones con igual probabilidad.
- La energía sonora en un punto se obtiene como la suma de las medias de las contribuciones de todas las reflexiones que pasan por él.

- La densidad de energía sonora en un instante de tiempo es la misma en cualquier punto del recinto, con independencia de la posición en la sala [L7] .

Las anteriores condiciones de campo difuso se pueden dar en recinto con geometría regular, cuyas dimensiones sean grandes en comparación con la longitud de onda y cuyas superficies tengan capacidades de absorción muy parecidas [L8] .

Con estas consideraciones conseguimos asegurar una distribución de energía sonora igual en todas las zonas del recinto.

Debido a las suposiciones contempladas, los resultados de esta teoría son aproximados, aunque facilitan la comprensión y la caracterización del campo sonoro en el interior de un recinto.

El campo sonoro difuso en el interior de un recinto que describe la teoría estadística puede representarse por una característica fundamental que es el **tiempo de reverberación**, definido como el tiempo que transcurre desde el instante en que una fuente sonora se interrumpe hasta que su energía sonora en un recinto decae a 10^{-6} veces su valor original, es decir, una disminución en el nivel de energía de 60 dB. En la figura 9 [W8] se muestra gráficamente este tiempo.

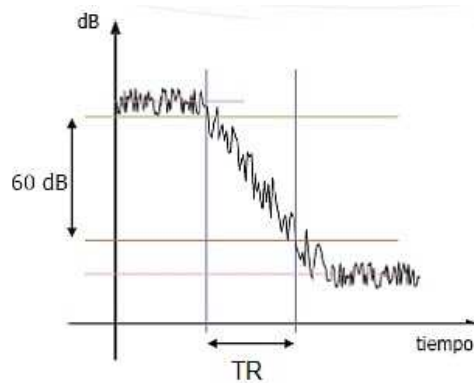


Figura 9: Tiempo de reverberación.

Este fenómeno fue estudiado por el físico Wallace Clement **Sabine**, que formuló la por primera vez una expresión para el cálculo del tiempo de reverberación de un recinto:

$$TR_{Sabine} = \frac{0,161 \cdot V}{S \cdot \bar{\alpha}} = \frac{0,161 \cdot V}{\sum_{i=1}^n \alpha_i S_i} \quad (9)$$

siendo:

V : Volumen del recinto (m^3)

S : Superficie total de las paredes que conforman el recinto (m^2)

$\bar{\alpha}$: Coeficiente de absorción medio de un local, ver fórmula (4) $\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}$

$S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ las áreas de las distintas superficies del local

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ sus correspondientes coeficientes de absorción.

Es decir, el tiempo de reverberación depende del volumen de la sala y de las dimensiones y características de absorción de las superficies que conforman la sala. Esta fórmula sólo es válida para recintos que tengan un coeficiente de absorción medio menor o igual que 0.2, es decir, recintos vivos o reverberantes. Además, éstos, deberán de tener una distribución uniforme del material absorbente [A1] .

Posteriormente **Eyring** correcciones a la fórmula anterior para coeficientes medios de absorción mayores, estableciendo el tiempo de reverberación como:

$$TR_{Eyring} = \frac{0,161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \bar{\alpha})} \quad (10)$$

No obstante sigue presentando la desventaja de que sólo es cierta si el recinto presenta una distribución uniforme del material absorbente. Por ello, **Millington-Sette** realizó otra corrección adicional, para permitir su aplicación cuando existen diferentes materiales con distintas características de absorción [A1] .

$$TR_{Millington-Sette} = \frac{0,161 \cdot V}{-\sum_{i=1}^{i=n} S_i \ln(1 - \alpha_i)} \quad (11)$$

Esta última fórmula es la una de las más utilizadas, no obstante presenta una cierta contradicción con la necesidad de que las superficies del recinto tengan capacidades de absorción muy parecidas para suponer la hipótesis de campo difuso de la teoría estadística. La solución a esta posible incongruencia fue solucionada admitiendo que era posible tener diversidad de materiales absorbentes dentro de una casi uniformidad que implica la existencia del campo sonoro difuso [P1] .

A continuación se resumen en una tabla las tres aproximaciones para el cálculo del tiempo de reverberación y su campo de aplicación.

TIEMPO DE REVERBERACIÓN	CAMPO DE APLICACIÓN
$TR_{Sabine} = \frac{0,161 \cdot V}{S \cdot \bar{\alpha}} = \frac{0,161 \cdot V}{\sum_{i=1}^n \alpha_i S_i}$	-Recintos vivos o reverberantes $\bar{\alpha} < 0,2$ -Distribución uniforme del material absorbente.
$TR_{Eyring} = \frac{0,161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \bar{\alpha})}$	-Recintos vivos o reverberantes $\bar{\alpha} > 0,2$ -Distribución uniforme del material absorbente.
$TR_{Millington-Sette} = \frac{0,161 \cdot V}{-\sum_{i=1}^{i=n} S_i \ln(1 - \alpha_i)}$	-Recintos vivos o reverberantes $\bar{\alpha} > 0,2$ -Distintos materiales absorbentes.

Tabla 1. Tabla resumen tiempos de reverberación y su campo de aplicación

Posteriormente se verá que de cara a la obtención de un buen campo sonoro en una sala de conciertos es necesario acercarse a la condición de campo difuso, con una distribución uniforme del nivel sonoro, por ello en muchas salas de conciertos se instalan elementos difusores. Estos elementos actúan sobre los sonidos cuyas longitudes de onda son

comparables con las irregularidades y la textura de su superficie. Como los elementos difusores no suelen ser de gran tamaño, sirven para distribuir más uniformemente las altas frecuencias, más direccionales que las bajas frecuencias [L5] [W6] .

2.2.3.2 Teoría geométrica

La teoría estadística anterior presupone algunas condiciones que en la realidad se producen muy pocas veces, como que las ondas reflejadas se propagan en todas las direcciones con igual probabilidad, que la distribución de energía es uniforme en el recinto. Por ello se hace necesario estudiar el campo sonoro desde otro punto de vista, teniendo en cuenta la diferente tipología de materiales y la geometría de la sala.

La teoría geométrica se emplea con las primeras reflexiones del sonido, consiste en aplicar las leyes de la óptica geométrica al sonido. Para ello, se modelan las ondas sonoras como rayos sonoros. Un rayo es una línea que indica la dirección y sentido de propagación del sonido, por tanto, es perpendicular a las ondas sonoras [L5].

La propagación de estos rayos sonoros en el interior de la sala, cumple las leyes básicas de la Óptica Geométrica, que son:

- Propagación rectilínea, según el principio de Fermat, que establece que una onda emplea el menor tiempo posible en ir desde la fuente hasta el receptor, esto es, en línea recta.
- Leyes de la Reflexión, que describe cómo es reflejada la onda incidente al impactar contra un obstáculo cuyas dimensiones son mayores a su longitud de onda ($\lambda/4$).
- Ley de la Refracción ó ley de Snell, que explica cómo una onda cambia de dirección cuando pasa de un medio a otro.

Como se comenta anteriormente, en el caso de recintos cerrados normalmente se desprecia el fenómeno de refracción, ya que se supone que el aire del interior del recinto es un medio homogéneo e isótropo, en el que no varían las propiedades sea cual sea la dirección en que nos movamos [P3] .

Para poder aplicar esta teoría se suponen las siguientes hipótesis [P3] :

- La longitud de onda del sonido que se propaga en la sala es menor que el tamaño de los obstáculos o aberturas que encuentra a su paso. Por lo que no se aprecian fenómenos de difracción.
- Se considera que las superficies son lisas, por tanto, las reflexiones son especulares.
- No se contemplan las diferencias de fase entre las ondas coincidentes en un punto. De este modo, siempre se suman sus intensidades. Dicho de otra manera, no se distingue el fenómeno de interferencia.

La utilización de esta teoría, implica una serie de simplificaciones que limita su validez a determinados casos, siendo muy imprecisa en bajas frecuencias. Sin embargo, facilita notablemente el modelado acústico de salas, explicando aceptablemente el origen de las primeras reflexiones de cualquier recinto [P3] .

2.2.3.3 Teoría ondulatoria

Las teorías anteriores simplificaban el campo sonoro de un recinto, no obstante el sonido es un fenómeno ondulatorio que se puede describir mediante la resolución de la ecuación de onda, que daría lugar a una función dependiente de la posición y el tiempo $p(x,y,z,t)$ que describiría la presión sonora en cualquier punto del espacio y del tiempo [A1] .

$$\frac{\partial^2 p}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 p}{\partial^2 y} + \frac{\partial^2 p}{\partial^2 z} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial^2 t} \quad (12)$$

Siendo,

p : presión sonora (Pa)

x, y, z : coordenadas cartesianas

c : velocidad del sonido (m/s), 341 m/s a 20°C y a nivel del mar

El cálculo de la solución de la ecuación de onda se obtiene aplicando las condiciones de contorno del recinto en particular, no obstante la solución de dicha ecuación no es sencilla. Además el campo sonoro en un recinto está formado por multitud de ondas sonoras como consecuencia de las reflexiones que se producen en la sala.

Un fenómeno característico que suele aparecer en los recintos cerrados en los que existe un movimiento ondulatorio, es la formación de **ondas estacionarias**. En este caso se produce como resultado de la interferencia entre ondas que viajan en sentidos opuestos, la suma de dos ondas que se propagan en sentidos opuestos, con idéntica amplitud y frecuencia, da lugar a una onda estacionaria. En el caso de un recinto cerrado estas aparecen cuando las paredes del recinto bloquean la propagación de una onda y provoca la reflexión de la misma en el sentido opuesto, interfiriendo con la onda inicial

Esta onda no se propaga si no que permanece en el espacio y presenta regiones donde la amplitud es nula, denominadas nodos, y otras donde es máxima, denominados vientres. Este fenómeno solo se produce para determinadas frecuencias, por lo que se suele decir que la frecuencia de las ondas estacionarias está cuantizada. Las frecuencias a las que se producen las ondas estacionarias de una sala se denominan **modos propios** o **frecuencias de resonancia** de la sala.

El efecto de las ondas estacionarias en un auditorio no es deseado puesto que genera, el mantenimiento de la vibración a esa frecuencia durante algún tiempo después de interrumpida toda excitación.

Por tanto, la ecuación de onda se utiliza para conocer dichas frecuencias de resonancia o modos propios que son la solución de la ecuación de onda aplicando las condiciones. Éstas dependerán de las dimensiones y geometría de la sala. Su cálculo resulta muy complicado salvo para recintos con forma de paralelepípedo (dimensiones L_x, L_y, L_z) y paredes totalmente rígidas. En este caso se puede calcular mediante la ecuación de Rayleigh:

$$f_{k,m,n} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{k}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{m}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n}{L_z}\right)^2} \quad (13)$$

donde:

c : velocidad del sonido (m/s), 341 m/s a 20°C y a nivel del mar
 k, m, n pueden tomar cualquier valor entero (0, 1, 2, 3,...).

Cada combinación de valores k, m, n da lugar a una frecuencia y modo propio asociado, que recibe el nombre de modo propio k, m, n . Por ejemplo, la combinación $k = 1, m = 2, n = 1$, da lugar al modo propio (1, 2, 1).

Dependiendo de la dirección de propagación de los mismos se pueden clasificar en axiales, tangenciales oblicuos según muestra la figura 10 [L1] .

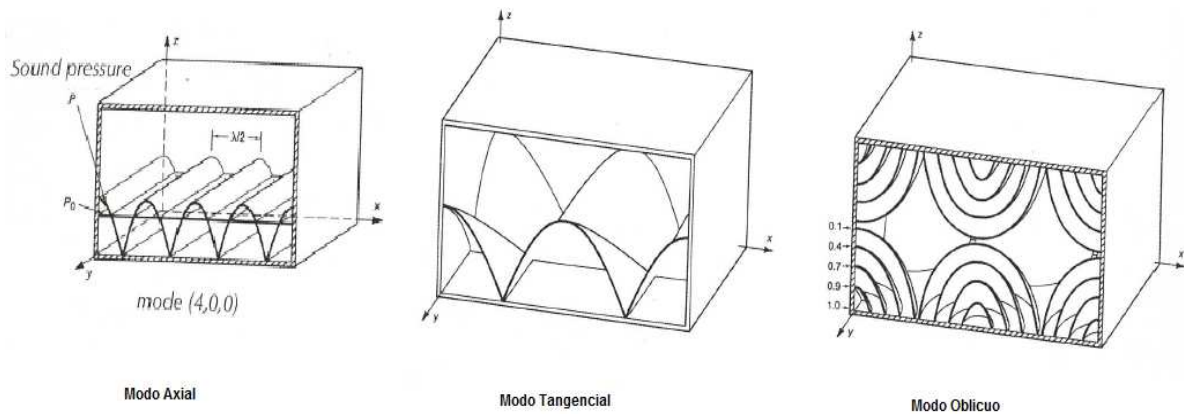


Figura 10. Modos axiales, tangenciales y oblicuos en una sala rectangular.

Se puede concluir que en una sala hay infinitos modos, localizados discretamente en frecuencia y cuya densidad aumenta con la misma.

En la figura 11 [W9] se representan los mil primeros modos propios en una sala de 7x4x3m, donde se observa que a medida que aumenta la frecuencia aumenta la densidad de modos propios, por lo que la percepción de la respuesta en frecuencia de la sala se haga más uniforme [W9] .

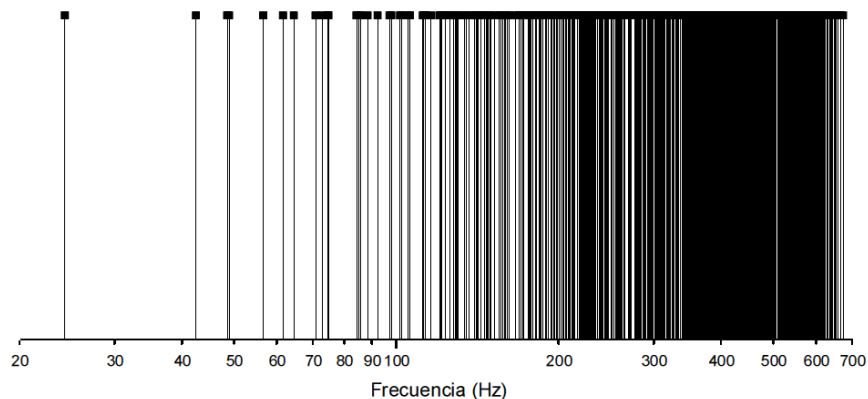


Figura 11: 1.000 primeros modos propios de una sala de 7x4x3 metros.

En la figura 12 [W9] se observa la distribución de los mil primeros modos en una sala el doble de la estudiada antes 14x8x6m.

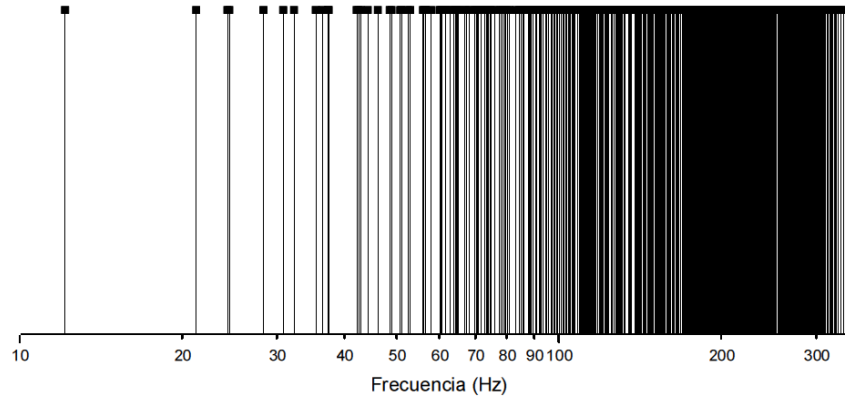


Figura 12: 1.000 primeros modos propios de una sala de 14x8x6 metros.

Si se comparan las dos gráficas se observan dos cuestiones muy importantes en lo que se refiere a los modos propios [W9] .

- El patrón de distribución de la densidad de modos es el mismo dos salas, ya que éste depende de la forma de la sala, y por tanto se referencia las medidas relativas y no a las medidas absolutas.
- En la sala grande, la zona donde existe una buena distribución de los modos propios se alcanza a una frecuencia más baja.

Los problemas con los modos propios van a venir siempre a frecuencias bajas, que es donde las frecuencias resonantes se encuentran más distantes [W9] .

Asimismo en las figuras anteriores se observa que existe una frecuencia a partir de la cual el efecto de la coloración del sonido por los modos propios desaparece debido a que la densidad de modos propios es tanta alta que la combinación de todos da lugar a un campo sonoro prácticamente difuso [W9] [L1] . Esta frecuencia se denomina frecuencia crítica y se puede hallar con la siguiente fórmula:

$$f_c = 1849 \sqrt{\frac{TR_m}{V}} \quad (14)$$

Donde:

TR_m : Tiempo de reverberación medio (s). Obtenido como promedio de los valores correspondientes a las bandas de octava centradas en 500 Hz y 1 kHz,

V: volumen de la sala (m^3)

De acuerdo a lo visto hasta ahora, la distribución de estos modos en frecuencia es característica de cada recinto, dependiendo de su geometría y de sus dimensiones. Por tanto, su presencia es inevitable, lo que interesa es que sea lo más uniforme posible para que una vez combinados den lugar a un nivel de presión sonora suficientemente difuso, a fin de evitar la coloración del sonido, que se produce cuando hay una concentración de modos en una banda estrecha de frecuencias [P1] .

En la práctica, a la hora de dimensionar una sala para evitar la aparición de coloraciones por modos propios se tienen en cuenta los siguientes factores de diseño [W9] :

- Uso de superficies absorbentes a bajas frecuencias, ya que son las que presentan problemas de coloración por modos propios.
- Relación entre las dimensiones de la sala. En la práctica se utiliza el gráfico mostrado en la figura 13 [L1] , según el cual hay que diseñar la sala con una relación entre el ancho y el largo dentro del área marcada.

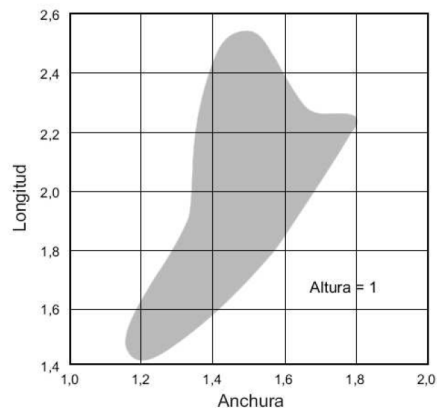


Figura 13. Ratios recomendados entre el ancho (x) y largo (y) de una sala para obtener una distribución uniforme de los modos propios, según Bolt, Beranek y Newman.

- Evitar salas rectangulares, ya que los modos propios se forman al existir reflexiones especulares a bajas frecuencias cuando la longitud de onda es comparable a la longitud de alguna superficie.

2.2.3.4 Teoría psicoacústica

Hasta ahora las anteriores teorías analizaban el sonido desde un punto de vista objetivo haciendo uso de propiedades que se pueden medir como son el tiempo de reverberación, el cálculo de los modos propios, etc. En cambio la psicoacústica analiza la percepción del sonido por el oído humano, de forma que se verá que el sonido analizado por medio de equipos de medida difiere del que realmente percibe una persona.

No es el objeto de este proyecto el detallar todos los conceptos de la psicoacústica, no obstante se resumirán algunos de los fenómenos más importantes como son la sonoridad, el enmascaramiento, localización suma, ley del primer frente de onda, efecto de eco, etc.

a) Sonoridad

Es el nivel sonoro subjetivo que percibe el oído humano ante un sonido, medido en dB. De esta forma es posible clasificar los sonidos de más débiles a más fuertes.

La unidad de nivel sonoro es el fonio, que se define como la sonoridad de un sonido sinusoidal de 1 kHz con un nivel de presión sonora (SPL) de 0 dB.

Se denomina umbral de audición al mínimo nivel del sonido que es capaz de detectar el oído humano (0dB que se corresponde con un nivel de referencia de presión sonora de $20\mu Pa$) y umbral del dolor al nivel del sonido a partir del cual el sonido produce sensación de dolor en el oído (120 dB que se corresponde con un nivel de referencia de presión sonora de $100 Pa$).

No obstante, la sensación sonora de intensidad (sonoridad) no es uniforme, depende de la frecuencia y también se agudiza para sonidos débiles y disminuye para sonidos fuertes. Es decir, el oído humano, por su constitución fisiológica, no es uniformemente sensible a todas las frecuencias y niveles de sonido. De forma experimental, Fletcher y Munson, elaboraron un conjunto de curvas llamadas líneas isofónicas de audición mostradas en la figura 14 [W10] que indican para cada frecuencia el nivel de presión sonora necesario (SPL) para que un sonido se perciba con un determinado nivel sonoro.

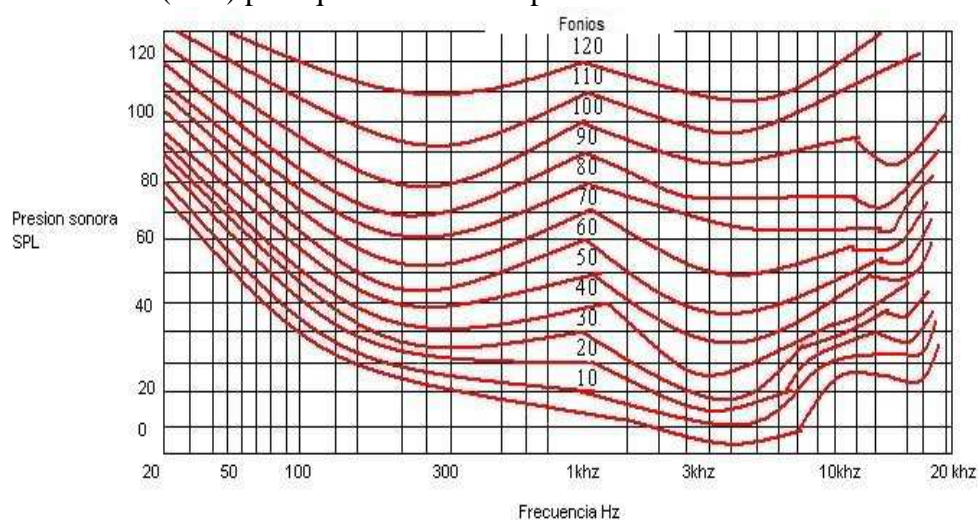


Figura 14. Curvas de igual sonoridad Fletcher-Munson.

Cualquier punto a lo largo de una de las curvas, tiene el mismo nivel sonoro (fonios), si bien en los extremos del espectro se requiere un nivel de presión sonora (SPL) mayor que en la banda central.

Esto pone de manifiesto que el oído humano presenta mayor sensibilidad a las frecuencias medias 2-5 kHz (banda crítica), luego a las frecuencias agudas y con muchísimo menor intensidad a las frecuencias graves [L2].

También se puede observar que la sensibilidad del oído no es lineal, sino logarítmica, cambiando con el volumen, de forma que las curvas de nivel alto son más planas (menor sensibilidad) que las de nivel bajo. Esto implica que si la presión de un tono puro de 1 kHz se dobla, la sonoridad, o sensación subjetiva producida por el mismo no llegará a ser el doble, para doblar la percepción del volumen es necesario multiplicar por 3 su nivel de presión sonora [L5].

La consecuencia directa de este hecho es la diferencia que existirá entre todo nivel sonoro medido con un equipo electrónico (SPL) y la percepción del mismo por el oído humano. Por ello, se ha creado una curva de ponderación, denominada curva de ponderación tipo A, cuya forma es inversa a las curvas de Fletcher-Munson para niveles bajos. De forma, que los equipos electrónicos de medida pueden aplicarla y obtener unos

valores de dB, denominados dBA que se asemejan en mayor medida a la percepción humana de dicho sonido.

Existen otras curvas de ponderación, ya que la curva de ponderación A se diseñó en principio para cubrir una sonoridad de 55 fonos. Para niveles más altos la respuesta en frecuencia del oído se vuelve más plana por lo que se puede utilizar la curva B entre 55 y 85 fonos y la curva C por encima de 85 fonos. Por uniformidad en la práctica se suele utilizar la curva A para cualquier SPL. En la figura 15 [W11] se muestran las curvas de ponderación anteriores.

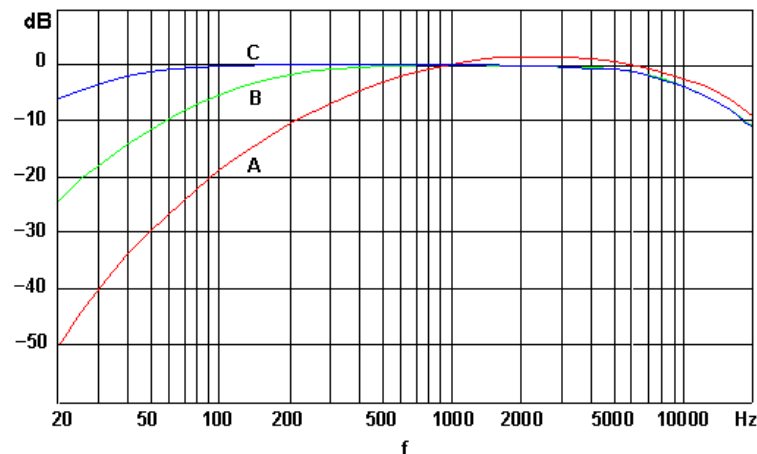


Figura 15. Curvas de ponderación A, B y C.

b) Enmascaramiento

Consiste en la desaparición perceptiva de un sonido por la presencia de otro, que lo enmascara, cuando estos dos sonidos se producen simultáneamente o muy próximos en el tiempo. Hay dos tipos de enmascaramiento, en frecuencia y en tiempo.

En el enmascaramiento temporal un sonido y otro de mayor intensidad se encuentran próximos en el tiempo, de forma que el sonido de mayor amplitud siempre enmascara el de menor amplitud, existiendo post-enmascaramiento si el sonido de mayor amplitud sucede antes y pre-enmascaramiento si el sonido de mayor amplitud llega primero [P2] .

El enmascaramiento frecuencial se produce dos tonos cercanos en frecuencia suenan simultáneamente y uno de ellos es más débil que el otro. Debido a la constitución y funcionamiento del oído interno lo normal es que un sonido intenso y grave enmascare un sonido más débil y agudo, aunque también se puede producir en el sentido inverso, siendo para ello necesario una mayor diferencia de niveles [P2] .

En la figura 16 [W12] se representa de una forma gráfica, mediante una superficie, el efecto de enmascaramiento temporal y frecuencial creado por un sonido o tono enmascarante, de forma que cualquier sonido situado debajo de dicha superficie quedaría enmascarado por él.

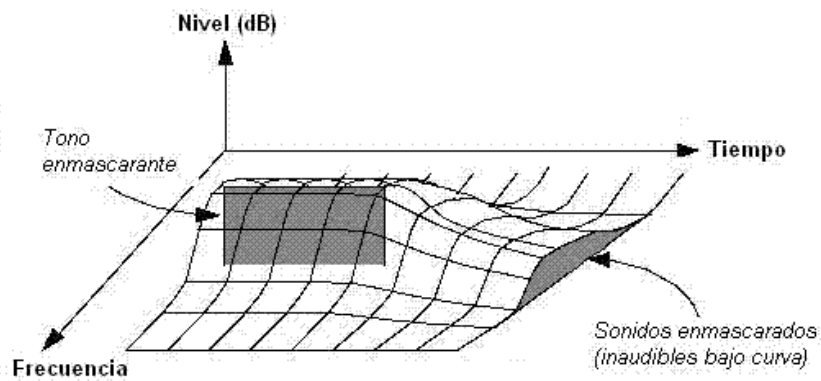


Figura 16. Superficie de enmascaramiento temporal y frecuencial de un tono.

c) Localización espacial.

El ser humano es capaz de localizar la fuente de sonido debido a diversos fenómenos que se describirán a continuación.

En primer lugar el sonido se percibe a través de los dos oídos, existiendo por tanto una diferencia de nivel entre un oído y otro, así como una diferencia de tiempo entre un oído y otro. Estas diferencias por medio de las cuales el cerebro permite localizar la fuente de sonido se denominan diferencias interaurales, de intensidad (IID) o temporales (ITD) [P3] .

El sonido viaja a una velocidad de 340 m/s y la separación entre oídos es de unos 20 cm, por lo que los posibles retardos entre un oído y otro llegan hasta unos 600μs ($t = \lambda/c = 20 \cdot 10^{-2} / 340 = 0,000588s$).

La diferencia de nivel entre los oídos, es debida principalmente a la "sombra" de la cabeza, este efecto se acusa más en altas frecuencias, cuando la frecuencia es superior a 1.5 KHz. En estas condiciones, la longitud de onda que llega a un oído es menor que el diámetro de la cabeza ($\lambda = c/f = 340/1500 = 22cm$), en consecuencia, ésta supone un obstáculo y atenúa el sonido que llega al otro oído. De ahí que se perciban en cada oído diferentes intensidades del mismo sonido [P3] .

La diferencia de tiempo de llegada del sonido a cada oído surge al recorrer el sonido caminos de distinta longitud. Este desfase temporal entre las muestras es predominante hasta 1 kHz [P3] .

Es decir, las altas frecuencias se localizan principalmente por diferencia de nivel, y las bajas por retardo (diferencia de fase) [P3] .

Para describir algunos fenómenos psicoacústicos más que presenta el oído humano se supondrá la siguiente situación: dos fuentes sonoras emitiendo señales coherentes, es decir, la misma señal y con el oyente en posición estéreo, que por definición, es cuando los altavoces y el oyente forman un triángulo equilátero de tres metros de lado. Además se suelen elevar los altavoces unos pocos grados sobre el plano de audición. Variando solo el retardo entre altavoces, tendríamos los siguientes casos:

- Retardos entre 0 y 630 μ s: el oyente identifica que hay una única fuente de sonido cuya posición depende del retardo entre las dos señales. El cerebro "suma" las señales los dos oídos para determinar la posición de la fuente. Este efecto se denomina **localización suma** y es la base de los efectos estereofónicos con dos altavoces [P2] .
- Retardos entre 1 ms y 40-50 ms: el oyente identifica una única fuente sonora que sitúa en la posición del altavoz cuya señal está llegando primero a sus oídos. Este es el llamado efecto del **primer frente de onda**, muy importante a la hora de diseñar sistemas de refuerzo sonoro mediante varios altavoces [P2] .
- Retardos superiores a 50 ms: el oyente identifica dos fuentes de sonido, cada una en la posición de un altavoz. La segunda fuente de sonido será denominada **eco** de la primera [P2] .

Los límites de los márgenes de los retardos no son invariables, ya que dependen también de las condiciones ambientales del experimento y también de la percepción subjetiva de cada individuo.

Otro efecto que se utiliza para localizar la fuente del sonido es el movimiento de la cabeza, que es algo instintivo y colabora de forma determinante a la ubicación de la fuente. Por un lado el movimiento de la cabeza agudiza las diferencias interaurales explicadas anteriormente, mientras que por otro el denominado **efecto doppler** hace que cuanto más cercano esté el sonido se percibe un aumento de la frecuencia y cuanto más lejano una disminución de la frecuencia [W7] .

2.2.4 Comportamiento real de una sala

Una vez vistos los aspectos más importantes de las anteriores teorías, cabe preguntarse cuál de ellas aplicar al analizar una sala. En la práctica se utilizan todas, cada una de ellas aplicada a diferentes aspectos del objetivo común, el estudio de la propagación del sonido en la sala y su percepción por el receptor.

La teoría psicoacústica permite predecir la percepción del oyente y así diseñar la sala y el sistema de sonido con el objetivo de generar una escucha agradable e inteligible.

La teoría geométrica es útil para diseñar las superficies que conforman la sala de forma que se mejore la calidad del sonido percibido por el espectador. La aplicación de esta teoría permite escoger la geometría del techo de la sala para dirigir el sonido hacia el espectador, elegir un material más absorbente para anular reflexiones indeseadas, etc. Es una buena herramienta para el estudio de las primeras reflexiones.

En cuanto a las teorías estadística y ondulatoria, como norma general se suele decir que en las salas grandes se dan las condiciones de campo difuso y se aplica la teoría estadística, mientras que en las salas pequeñas se aplica la teoría ondulatoria siendo predominante el efecto de las ondas estacionarias. No obstante el "tamaño" de una sala es un fenómeno dependiente de la frecuencia, ya que como se vio anteriormente a cierta frecuencia,

denominada la frecuencia crítica (f_c) la densidad modal es lo suficientemente alta como para que los modos propios no supongan una variación de la respuesta frecuencial de la sala [L1] .

Esa frecuencia crítica marca el límite entre el comportamiento de “sala pequeña”, por debajo de ella, y el tratamiento de la “sala grande” por encima de ella.

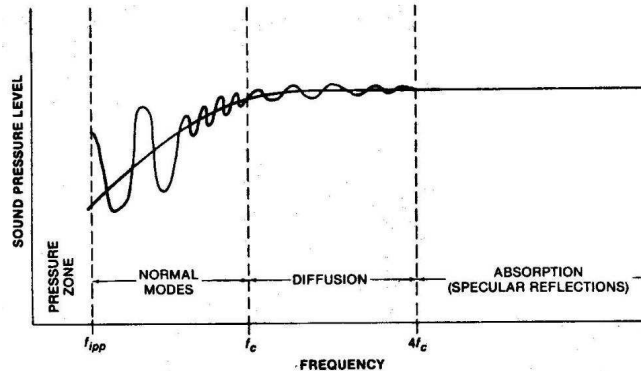


Figura 17. Representación gráfica de la frecuencia crítica por Bolt, Beranek y Newman.

En la figura 17 [L1] se puede observar los fenómenos predominantes que se producen en una sala dependiendo de la frecuencia y los efectos que tienen sobre el nivel de presión sonora para cada banda de frecuencia. A bajas frecuencias predominan las ondas estacionarias con variaciones ostensibles del nivel sonoro, a partir de la frecuencia crítica los modos normales se distribuyen uniformemente y predomina un campo sonoro difuso. Por último, por encima de 4 veces la frecuencia crítica predomina el fenómeno de reflexión especular ya que la longitud de onda del sonido se vuelve cada vez más pequeña y cualquier objeto supone un obstáculo reflejándose la onda sonora incidente con la misma intensidad inicial (de forma ideal) haciendo que el nivel sonoro sea constante. Dependiendo de las características del material, en este último rango de frecuencias también se dará el fenómeno de absorción.

2.2.5 Sonorización

A continuación, se verán los conceptos básicos de sonorización para diseñar el sistema de refuerzo sonoro del auditorio objeto de este proyecto.

En primer lugar se verá el concepto de sonorización y los objetivos buscados. Posteriormente se tratará el fenómeno de la realimentación, muy a tener en cuenta en los sistemas de refuerzo sonoro para evitar acoples. A partir de ahí, se irán presentando los distintos parámetros característicos de los sistemas de sonorización y su forma de calcularlos. Por último se describirán los pasos básicos a seguir para el dimensionamiento de un sistema de refuerzo sonoro.

2.2.5.1 Objetivos de la sonorización.

La sonorización consiste en reproducir un sonido mediante métodos electroacústicos direccionándolo a un área denominada audiencia, que puede ser interior, en una sala o bien exterior al aire libre.

Existen dos tipos de sonorización, el refuerzo sonoro y la megafonía. El refuerzo sonoro mejora el sonido de fuentes directas y consiste en la amplificación y distribución de sonido

natural o “en vivo” asociado a lugares como teatros, salas de conferencias, iglesias, cines, auditorios, etc. La megafonía comprende los sistemas de sonido para hilo musical y avisos de emergencias o informativos en aeropuertos, hospitales, estaciones, etc. [L3]

Aunque los dos tipos de sonorización tienen objetivos comunes como conseguir un nivel de señal por encima del ruido ambiente y uniforme, cada uno de ellos se especializa con el fin de conseguir alta fidelidad en el caso del sistema de refuerzo sonoro o inteligibilidad en el caso de la megafonía. Para el objeto de este proyecto, la instalación audiovisual de un auditorio, se estudiará el sistema de refuerzo sonoro.

Los objetivos del sistema de refuerzo sonoro son [A2] :

- Obtener un nivel sonoro suficiente para toda la audiencia. Normalmente se busca superar el nivel de ruido ambiente de 10 a 25dB, dependiendo de si se trata de sonorización de la palabra o música respectivamente.
- Alcanzar la máxima fidelidad posible en la reproducción del mensaje, cuestión que dependerá de la relación señal ruido (SNR), la respuesta en frecuencia de los altavoces (debería ser lo más plana posible) y la distorsión de los transductores (micrófonos y altavoces).
- Conseguir la inteligibilidad del mensaje. Para la palabra existen diversos métodos para cuantificarla, para la música existen otros parámetros para definir su calidad.
- Lograr uniformidad en el recubrimiento. En una sonorización ideal toda la audiencia debería recibir el mismo nivel de presión sonora, en la práctica se intenta conseguir la mayor uniformidad posible con una diferencia de niveles máxima entre las distintas zonas de la audiencia de $\pm 3\text{dB}$.

2.2.5.2 Realimentación Acústica

De forma previa a la definición de los parámetros típicos de estudio de un sistema de refuerzo sonoro, es necesario entender el fenómeno de realimentación acústica que se produce siempre que hay un sistema de refuerzo sonoro y un micrófono. Es decir, si no existe receptor, el problema no aparece, por ejemplo en el cine.

La realimentación, también llamado efecto Larsen, se produce cuando parte de la energía emitida por los altavoces es recogida por el micrófono. El micrófono recoge la señal de la fuente y la del altavoz, que a su vez está reproduciendo la fuente, por tanto entre ambas señales existe una condición implícita de fase. La suma de estas dos señales, iguales o ligeramente desplazadas, tendrá mayor amplitud que la de las dos señales originales y así continuamente pudiendo llegar a producirse para determinadas frecuencias un pitido o acople. Este es el efecto más característico, no obstante, aunque no se oiga el anterior efecto, la presencia de la realimentación provoca la coloración del espectro del campo sonoro en la sala [A2] [L1] .

Cuanto mayor es la ganancia del sistema existe más probabilidad de que el sonido del altavoz llegue al micrófono por lo que mayor será la posibilidad de que exista realimentación [W13] .

En la figura 18 [L1] se puede observar cómo va variando la curva de respuesta de un sistema de sonido, conforme se va aumentando la ganancia del sistema acercándolo a la situación de realimentación, la respuesta en frecuencia pasa de ser prácticamente plana a presentar multitud de picos e irregularidades a distintas frecuencias [L1] .

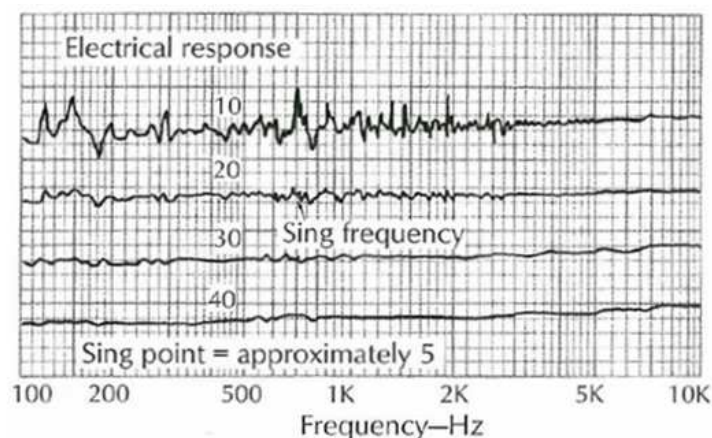


Figura 18. Aparición de realimentación conforme se aumenta la ganancia de un sistema.

En la práctica se ha comprobado que para que no exista realimentación debe existir una diferencia de 6dB entre los niveles de tensión que se generan en el micrófono debido a la fuente y el debido al altavoz.

Para evitar la aparición de este fenómeno se pueden utilizar los siguientes métodos:

- Micrófonos y altavoces directivos. De esta forma el altavoz se dirige fundamentalmente a la audiencia y su emisión sonora en la dirección del micrófono sea la mínima posible. Por otro lado, un micrófono directivo como el cardioide, que presenta máxima sensibilidad hacia los sonidos frontales provenientes de la fuente y mínima sensibilidad a los que le llegan por su parte posterior [A2] [W13] .
- Filtros notch o ranura, que son filtros muy selectivos que permiten eliminar la frecuencia causante de la realimentación, en realidad un ancho de banda muy estrecho alrededor de ella [A2] [W13] .
- Desfasador de frecuencia. Es un sistema que evita que las tensiones generadas en el micrófono por la fuente y el altavoz estén en fase, para ello intercala un desfasador de frecuencia entre el micrófono y el altavoz [A2] .
- Eliminar la realimentación en tiempo real incorporando un procesador que detecta la frecuencia que causa la realimentación, con un ancho de banda lo suficientemente estrecho para eliminar únicamente la frecuencia no deseada y no afectar al resto de la señal [W13] .

En la práctica la solución más utilizada es el uso de altavoces y micrófonos directivos, minimizando la distancia entre fuente y micrófono y maximizando la distancia entre altavoz y micrófono, de esta forma se consigue aumentar la diferencia de nivel entre las tensiones generadas en el micrófono por la fuente y por el altavoz. Combinado también con los equipos activos de supresión de la realimentación en tiempo real.

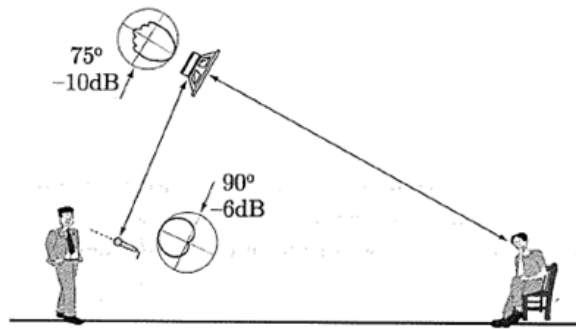


Figura 19. Uso de micrófonos y altavoces directivos para disminuir la realimentación.

En la figura 19 [L3] , se muestran los patrones de directividad del micrófono y el altavoz, se puede observar que el altavoz presenta una atenuación del nivel sonoro de 10dB en la dirección del micrófono y el micrófono disminuye en 6dB su sensibilidad en la dirección del altavoz.

2.2.5.3 Distancia crítica

Como se vio anteriormente, la distancia crítica es aquella en la que se igualan el nivel de sonido directo y del campo reverberante, obteniendo la expresión de la distancia crítica igualar los niveles anteriores.

$$d_c = 0,141\sqrt{Q(\theta, \phi) \cdot R} \quad (15)$$

Siendo:

R : Constante de la sala (m^2)

$Q(\theta, \phi)$: Directividad de la fuente sonora en la dirección (θ, ϕ) . Es la relación entre la intensidad acústica que emite la fuente en esa dirección y la intensidad que produciría una fuente isotrópica (fuente puntual omnidireccional) que radia igual potencia que la fuente

Por tanto, la distancia crítica depende de la fuente sonora y de las características de absorción de la sala. Cuanto más directiva sea la fuente sonora y menos reverberante sea la sala, mayor será la distancia crítica. En la figura 20 [W15] se muestra en un gráfico la dependencia de la fórmula anterior.

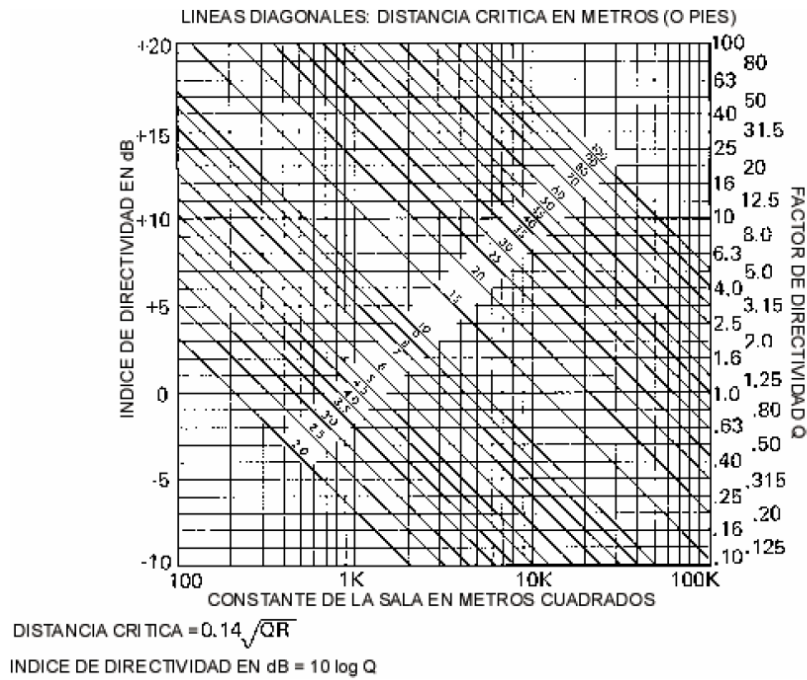


Figura 20. Distancia crítica en función de Q y R

A su vez ambos parámetros dependen de la frecuencia por lo que existirá una distancia crítica para cada frecuencia, siendo esta menor para las altas frecuencias. Por tanto el valor de la distancia crítica se calculará para las frecuencias más representativas y servirá para confirmar que la audiencia está situada a una distancia adecuada.

A la hora de diseñar un sistema de refuerzo sonoro hay que asegurar que la audiencia reciba mayor cantidad de sonido directo frente al reverberante, viendo la figura 21 se puede comprobar que esta situación se da para un rango de distancias hasta $4 \cdot d_c$, normalmente se toma como límite la distancia [W56]:

$$D_L = 3,15 \cdot d_c \quad (16)$$

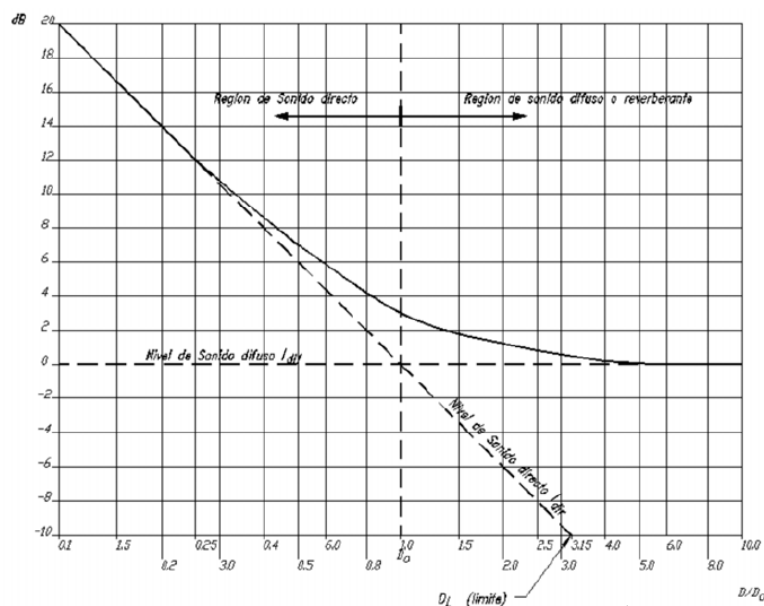


Figura 21. Distancia crítica.

2.2.5.4 Máxima distancia física

Antes de comenzar con la introducción de elementos artificiales del sistema de refuerzo sonoro, se verá la máxima distancia a la que se puede situar un oyente respecto de la persona que emite el sonido sin la ayuda de sistemas de amplificación artificiales [L3] .

Como norma general, para que un sonido pueda ser percibido, exista sistema de refuerzo sonoro o no, dicho sonido debe ser suficientemente alto. La práctica ha demostrado que debe ser al menos 25 dB mayor que el nivel de ruido a frecuencias medias. Suponiendo que el nivel de ruido ambiente es de 28dB, el nivel de presión sonora que necesita el oyente para percibir el sonido es de $28+25=53\text{dB}=SPL_{oyente}$ [L3] .

Sabiendo que el nivel de presión sonora emitido por una persona al hablar se sitúa entre 65 y 71dB, la distancia máxima a la que podrá situarse el oyente para escuchar al emisor, se situará entre 6 y 8m.

$$SPL_{oyente} = 71 - 20 \log d \Rightarrow d = 10^{\frac{71-53}{20}} = 10^{0,9} = 8\text{m}$$

$$SPL_{oyente} = 65 - 20 \log d \Rightarrow d = 10^{\frac{65-53}{20}} = 10^{0,6} = 4\text{m}$$

En la práctica hay más factores que modifican la distancia crítica, la presencia de más de un altavoz (N) y la existencia de un modificador acústico (Ma). Cuantos más altavoces haya mayor será el campo reverberante y menor será la distancia crítica. El modificador acústico también influirá en la distancia crítica.

$$d_c = 0,141 \sqrt{\frac{Q(\theta, \phi) \cdot R \cdot M}{N}} \quad (17)$$

2.2.5.5 Sistema de refuerzo sonoro. Criterios de nivel

Para ver los principales parámetros de un sistema de refuerzo sonoro se partirá de la configuración de un sistema básico sencillo mostrado en la figura 22 [L3] , con un altavoz y un micrófono.

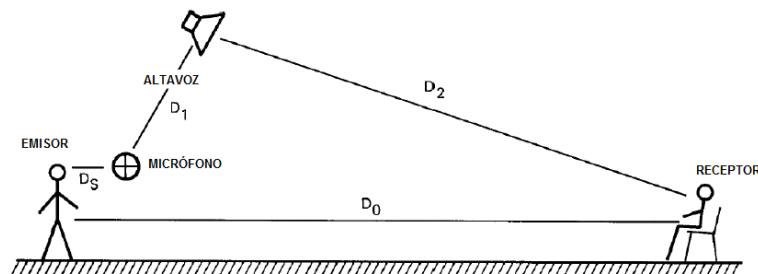


Figura 22. Sistema básico de Refuerzo Sonoro.

El receptor recibirá dos niveles, el directo del emisor a una distancia D_0 y el del altavoz a una distancia D_2 . Se suponen condiciones de campo sonoro directo. El micrófono a su vez

recibe por un lado el nivel del emisor a una distancia D_s y por otro el del altavoz a una distancia D_1 .

Los niveles de presión sonora límites que van a definir el sistema de refuerzo sonoro son los siguientes [A2] :

- Nivel máximo: Limitado por el fenómeno de realimentación. La condición para que no se produzca es que la relación del nivel de tensión producido en el micrófono por el emisor sea 6dB mayor que la producida en el micrófono por el altavoz. En un sistema donde no haya micrófonos el nivel máximo vendrá marcado por la capacidad de potencia del sistema antes de los niveles de distorsión audibles o por el umbral del dolor de la audiencia.
- Nivel mínimo: Limitado por la presencia de ruido. El criterio a seguir será conseguir una relación señal-ruido (SNR) superior a 25dB.

2.2.5.6 Distancia Acústica Equivalente (EAD)

Es la distancia subjetiva a la que el oyente sitúa al emisor gracias al sistema de refuerzo sonoro, también conocida como EAD (Equivalent Acoustic Gain) [L3] .

Si, como se vio en el apartado anterior, el nivel de presión sonora percibido por el oyente situado a una distancia d de un orador que emiten un nivel de 65dB a un metro es:

$$SPL_{oyente} = 65 - 20 \log d$$

Por analogía, la distancia acústica equivalente a la que percibirá el oyente el emisor cuando se utiliza un sistema de refuerzo sonoro que proporciona un nivel de sonorización SPL_2 será:

$$EAD = 10^{\frac{65 - SPL_2}{20}} \quad (18)$$

Si se introduce en la expresión anterior la condición de nivel de presión sonora mínimo debe estar 25dB por encima del nivel de ruido SPL_N , se obtiene la distancia equivalente máxima que se podría alcanzar [A2] :

$$EAD_{maz} = 10^{\frac{40 - SPL_N}{20}} \quad (18)$$

De esta forma si en un sistema de refuerzo sonoro $EAD > EAD_{maz}$ la sonorización no es efectiva, mientras que si $EAD < EAD_{maz}$ la sonorización será agradable, a falta de revisar el resto de parámetros que la caracterizan.

2.2.5.7 Ganancia Acústica (AG)

Es el incremento de nivel que un oyente de la audiencia percibe con el sistema de refuerzo conectado comparado con el nivel que percibiría con el sistema desconectado [L3] [A2] .

$$\left. \begin{aligned} SPL_{ON} &= 65 - 20 \log EAD \\ SPL_{OFF} &= 65 - 20 \log D_0 \end{aligned} \right\} AG = SPL_{ON} - SPL_{OFF} = 20 \log \frac{D_0}{EAD} \quad (19)$$

2.2.5.8 Ganancia Acústica Necesaria (NAG)

Es aquella ganancia acústica que hace que el sonido de la sonorización se distinga del ruido ambiente existente, es decir $SNR \geq 25\text{dB}$ [A2] , que es equivalente a imponer en la expresión del apartado anterior $EAD \langle EAD_{maz}$, obteniendo:

$$NAG = 20 \log \frac{D_0}{EAD_{max}} = 20 \log D_0 + SPL_N - 40 \quad (20)$$

Ya que es importante que toda la audiencia escuche en forma adecuada, se debe encontrar la ganancia acústica necesaria (NAG) para el punto más alejado de la audiencia D_0 .

2.2.5.9 Ganancia Acústica Potencial (PAG)

Es el máximo valor posible de la ganancia acústica que se puede obtener de un sistema de refuerzo sonoro sin que aparezca el fenómeno de realimentación, para ello se fijará la condición de que el nivel de tensión producido por el emisor en el micrófono sea al menos 6dB mayor que el producido por el altavoz en el micrófono [A2]

$$PAG = 20 \log \frac{D_0 \cdot D_1}{D_s \cdot D_2} - 6 - D_\alpha(\vartheta_\alpha)|_{dB} - D_\mu(\vartheta_\mu)|_{dB} \quad (21)$$

Siendo $D_\alpha(\vartheta_\alpha)|_{dB}$ y $D_\mu(\vartheta_\mu)|_{dB}$ las directividades en dB del altavoz y micrófono respectivamente, de forma que si la directividad del micrófono en la dirección del altavoz es de -5dB, aumentaría la ganancia acústica potencial. En cualquier caso como la directividad depende de la frecuencia se suele considerar el caso más desfavorable con micrófonos y altavoces omnidireccionales, quedando la expresión de la Ganancia Acústica Potencial:

$$PAG = 20 \log \frac{D_0 \cdot D_1}{D_s \cdot D_2} - 6 \quad (22)$$

En el sistema básico de refuerzo sonoro considerado, solo existe un micrófono, si se agregarán más se incrementaría la posibilidad de realimentar el sistema. De forma que sería

necesaria una reducción de la ganancia del sistema de 3 dB cada vez que se duplicar la cantidad de micrófonos en uso [W14] . Esta condición se puede incluir en la expresión de la Ganancia Acústica Potencial del siguiente modo, siendo NOM el número de micrófonos funcionando (“abiertos”):

$$PAG = 20 \log \frac{D_0 \cdot D_1}{D_s \cdot D_2} - 6 - 10 \log NOM \quad (23)$$

2.2.5.10 Potencia Eléctrica Necesaria

Una vez conocida la potencia acústica necesaria para el sistema de refuerzo sonoro, se puede hallar la potencia eléctrica que es necesario proporcionar a los altavoces para conseguir el nivel específico SPL_2 [A2] .

$$SPL_2 = S_\alpha + 10 \log P_E - 20 \log D_2$$

Despejando la potencia eléctrica, P_E :

$$P_E = 10^{\frac{SPL_2 - S_\alpha + 20 \log D_2 + 10}{10}} \quad (24)$$

2.2.5.11 Protocolo de sonorización

A modo de resumen se indican los pasos a seguir para lograr un buen diseño del sistema de refuerzo sonoro [A2] [W14] :

1. Medir el ruido de fondo y el nivel del orador a un metro.
2. Determinar el EAD según lo medido.
3. Calcular el NAG para el oyente más alejado o la zona de la audiencia que tenga menor nivel acústico.
4. Comprobar que PAG es superior o igual al NAG, si no fuera así es necesario volver a diseñar el sistema.
5. Elegir una Ganancia Acústica para el diseño.
6. Calcular el nivel del altavoz a 1 metro para esa Ganancia Acústica.
7. Seleccionar la sensibilidad del altavoz y la etapa de potencia.
8. Comprobar las coberturas del sistema.
9. Seleccionar el resto del equipo electrónico.

2.2.6 Características básicas de los altavoces

Partiendo del concepto de altavoz como un elemento electroacústico que tiene por misión convertir una señal eléctrica que recibe en la entrada en una señal acústica en la salida, en el presente apartado se revisarán en primer lugar los parámetros básicos que definen el funcionamiento de una altavoz como son la directividad, respuesta en frecuencia, sensibilidad, potencia acústica, etc. Por último se verán las características especiales de las columnas de altavoces o line array.

2.2.6.1 Clasificación

Existen muchos criterios para realizar una clasificación de altavoces, atendiendo a la banda de frecuencias de trabajo del altavoz se dividen en tres tipos:

- **Woofers:** Reproducen las frecuencias más bajas del espectro de 20 a 500Hz. Para reproducir eficientemente los graves es necesario mover grandes volúmenes de aire por lo que son los altavoces de mayor tamaño, con diámetros entre 15 y 45cm (6'' a 8'') [L3] .
A veces se subdividen en dos subrangos, el subwoofer de 20 Hz a 100Hz y el woofer hasta 500Hz, de forma que se aligera la masa del cono para el woofer, permitiendo mejorar la respuesta temporal.
- **Midrange:** Reproducen las bandas comprendidas entre 500 y 3000Hz, con diámetros entre 10 y 15cm (4'' a 6'') [L3] .
- **Tweeter:** Reproducen frecuencias desde 3000Hz hasta 20kHz, pudiendo llegar a superarlos, poseen diámetros entre 2,5cm y 10cm (1'' a 5'') [L3] .

En ocasiones se montan en una misma caja acústica utilizando filtros eléctricos de cruce o crossover que permiten filtrar la señal de entrada aplicando a cada uno el rango de frecuencias en el que debe trabajar [L3] .

Existen otros criterios para clasificar los altavoces, como el transductor electromecánico: dinámicos de bobina móvil, dinámicos de cinta, electrostáticos, altavoces piezoeléctricos, etc.

2.2.6.2 Directividad

La directividad de un altavoz describe la distribución de la presión sonora en los diferentes puntos del espacio, para diferentes ángulos y frecuencias. Para realizar medidas completas de directividad, se ha de medir el nivel de presión sonora (SPL) alrededor de una esfera en cuyo centro está el altavoz. El diámetro de esta esfera deberá ser grande comparado con la dimensión del altavoz. Las medidas se deben realizar en todas las frecuencias, con lo que se podrá saber el nivel de presión sonora para cualquier frecuencia y a cualquier ángulo.

Existen diferentes formas de describir la directividad de la radiación sonora del altavoz, que se analizan a continuación.

a) Diagrama 3D

Cuando se utiliza un gráfico tridimensional que contiene todos los puntos de la esfera para una frecuencia concreta, se obtiene un "globo de directividad" o "directivity balloon" [W59].

El valor de nivel de presión sonora se suele dar en dB referenciado al nivel de presión sonora máximo que se ubica en los 0°, obteniéndose el máximo valor de SPL a 0dB. La resolución angular suele estar entre 1 y 10° y la resolución en frecuencia puede variar de 1/24 de octava a 1/3 de octava [W59].

Conforme decrece el valor de la frecuencia el globo de directividad va creciendo y volviéndose más simétrico debido a que las bajas frecuencias se comportan como fuentes omnidireccionales.

En la figura 23 se muestra un diagrama de directividad en 3 dimensiones de un altavoz para la frecuencia de 2000Hz.

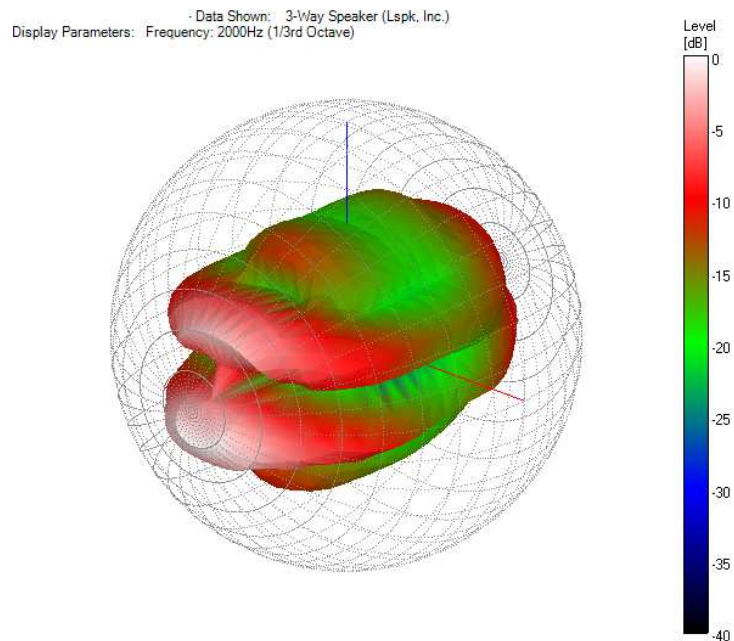


Figura 23. Ejemplo de diagrama de directividad en 3 dimensiones del programa EASE.

b) Diagrama polar

En la práctica la mayor parte de los fabricantes facilitan solamente el plano horizontal y el vertical, que surgen de cortar el globo de directividad anterior por el plano horizontal y vertical respectivamente. Estos diagramas también se dan para diferentes frecuencias.

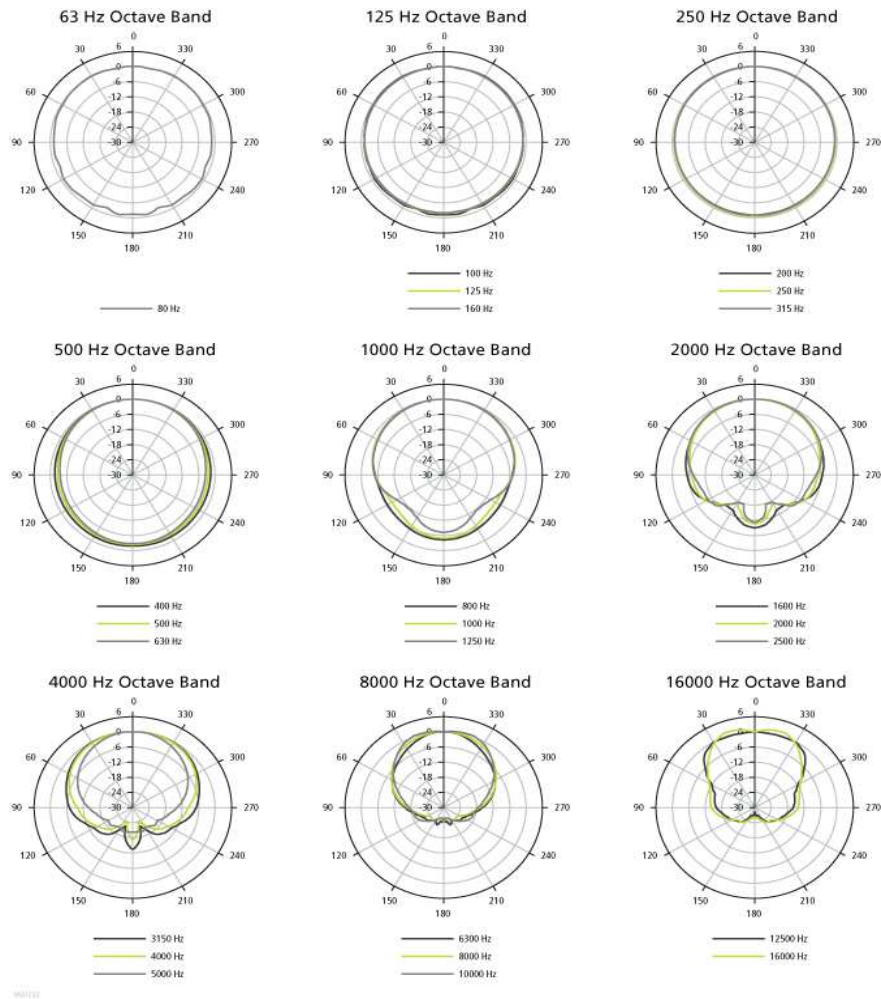


Figura 24. Ejemplo de diagramas polares horizontales de un altavoz para distintas frecuencias tomado de la hoja de características de un altavoz comercial.

c) Ángulo de cobertura

El ángulo de cobertura de un altavoz es aquel en el que el nivel de presión sonora ha disminuido 6 dB respecto al que presentaba en su eje. Normalmente se designa como C_{\angle} . Este debe ser especificado en todos los planos que sea necesario, aunque normalmente se da para el plano horizontal (α) y vertical (β) [L1], según se muestra en la figura 25 [W15]

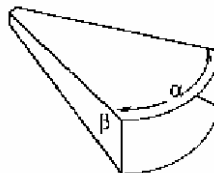


Figura 25. Ángulos horizontal y vertical de cobertura de un altavoz.

d) Factor de directividad (Q)

Como se mencionó previamente para la definición de distancia crítica, se define factor de directividad en la dirección (θ, ϕ) del altavoz como la relación entre la intensidad que emite en esa dirección y la intensidad que produciría una fuente isotrópica (fuente puntual omnidireccional) que radia igual potencia que la fuente [L3] .

El factor de directividad de un altavoz Q, es un valor que nos informa de cómo un altavoz concentra la potencia acústica en la dirección útil, es decir, dentro de su ángulo de cobertura evitando radiar potencia en otras direcciones. Las fuentes directivas producen factores altos de Q.

Una fuente omnidireccional, que radia el mismo nivel de presión sonora para todos los ángulos, posee un factor $Q=1$, mientras que las fuentes directivas tienen altos valores de Q.

Los altavoces con un Q elevado permiten concentrar la potencia acústica en la dirección del auditorio y reducen considerablemente la reverberación de la estancia al evitar que una parte considerable de la energía se dirija hacia las paredes techos u otras superficies reflectantes o hacia los micrófonos, consiguiendo así una mejor inteligibilidad de la palabra y una menor probabilidad de realimentación [W1] .

En la figura 26 [L1] se puede observar dos altavoces con el mismo ángulo de cobertura, $C_{\angle} = 100^{\circ}$ y distintos factores de directividad.

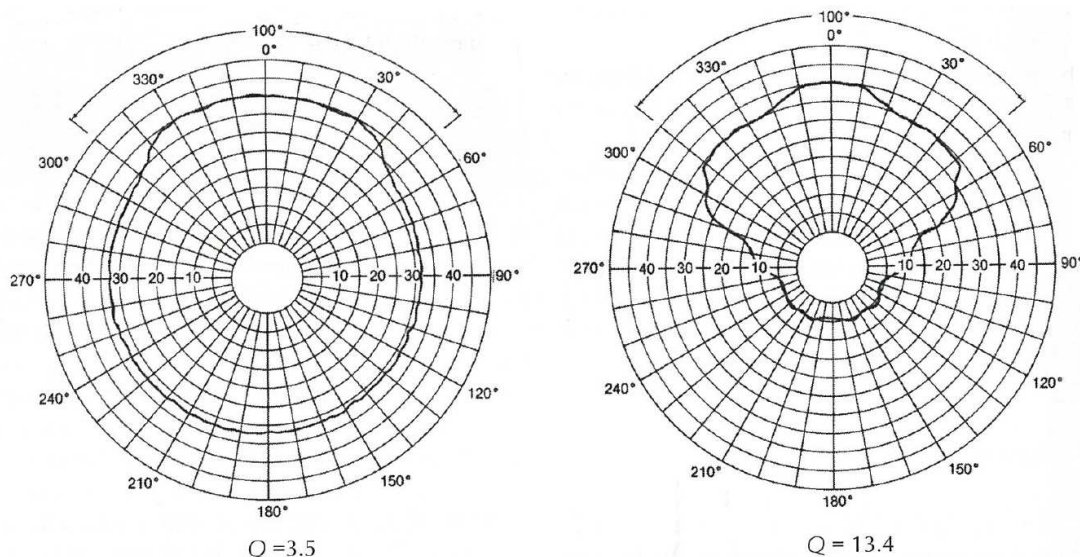


Figura 26. Diagrama polar de dos altavoces con el mismo ángulo de cobertura $C_{\angle} = 100^{\circ}$ y distintos factores de directividad $Q=3,5$ y $Q=13,4$.

e) Índice de directividad (DI)

Es el factor de directividad expresado en decibelios [L3] .

$$DI = 10 \log Q \quad (25)$$

El valor cero, indica igual intensidad que la fuente de sonido ideal isótropa, y los valores negativos indican pérdidas de nivel con respecto a la fuente anterior. Estos datos suelen ser reflejados en un diagrama polar.

En la figura 27 [W15] se observa como partiendo de dos fuentes sonoras con la misma potencia acústica, una fuente ideal omnidireccional y un altavoz tipo bocina directivo, obtenemos mayor nivel de presión sonora si la fuente es directiva.

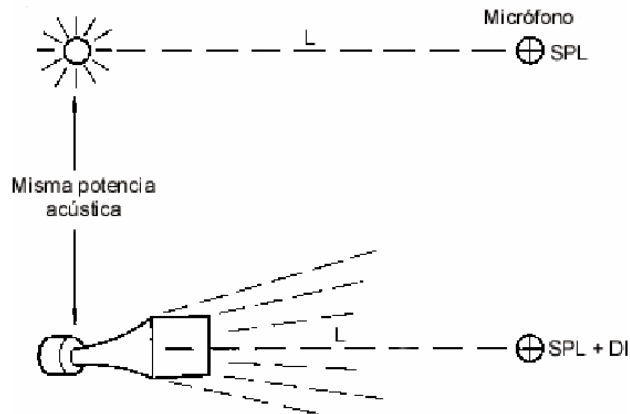


Figura 27. Índice de Directividad de un altavoz y su efecto en el nivel de presión sonora.

2.2.6.3 Respuesta en frecuencia

La respuesta en frecuencia de un altavoz define la capacidad que presenta el altavoz para reproducir fielmente el sonido a todas las frecuencias.

Se cuantifica midiendo el valor de presión sonora, que se genera en dirección axial a la salida del altavoz, normalmente a la distancia de 1m, con una señal de entrada de tensión constante para todas las frecuencias [L2] .

Se suele representar mediante un gráfico, que indica el nivel de presión sonora en el eje vertical y la frecuencia en escala logarítmica en el eje horizontal. La respuesta ideal de un altavoz sería aquella que reprodujera fielmente el valor de la señal constante de entrada, es decir, la respuesta en frecuencia ideal sería la respuesta plana. No obstante se suele dar un margen de tolerancia de $\pm 3\text{dB}$, dentro del cual se admite la respuesta como plana. Este margen de frecuencias dentro del cual el altavoz tiene respuesta plana será el rango de frecuencias en el que se debe utilizar.

A continuación se muestra un gráfico de la respuesta en frecuencia tomado de la hoja de especificaciones de un altavoz comercial.

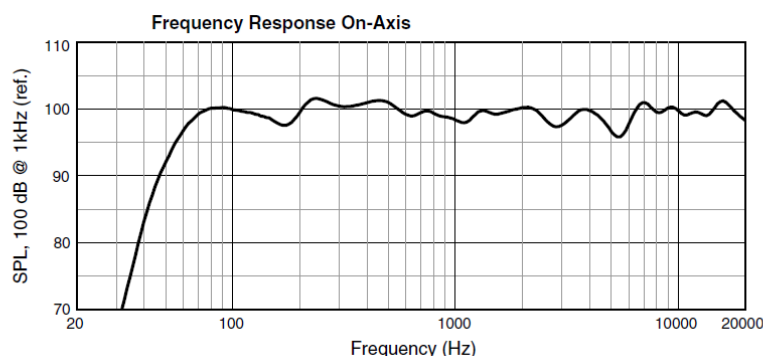


Figura 28. Curva de Respuesta en Frecuencia de un altavoz tomada de la hoja de características de un altavoz comercial.

Este tipo de gráfico es el que mejor información da acerca de la respuesta en frecuencia de un altavoz, ya que se puede ver con precisión los pequeños pico y valles que presenta la curva. No obstante, en ocasiones los fabricantes facilitan el dato de una forma más simplificada, indicando “30Hz-15kHz ± 3 dB” [L2] .

2.2.6.4 Respuesta temporal

La respuesta temporal de un altavoz permite conocer el comportamiento del mismo ante los cambios en el nivel de la señal de entrada en función del tiempo.

Debido a que la señal eléctrica de entrada al altavoz es una representación del sonido que se quiere reproducir, el comportamiento ideal de un altavoz, sería el de reproducir fielmente las cambios de nivel de la señal eléctrica. No obstante, en la realidad no ocurre así, comprobándose que una vez que sí la señal eléctrica de entrada se apaga, el altavoz sigue oscilando unos instantes a ciertas frecuencias porque ha almacenado energía, es decir tarda cierto tiempo en adaptarse a la nueva situación de la señal de entrada. Esto no ocurre solo en el momento de finalización de un sonido, sino también en el momento inicial de aparición de la señal de entrada partiendo del altavoz apagado y en todo cambio de nivel de la señal, de forma que la fidelidad del sonido se ve afectada [W17] .

Lo ideal es que el altavoz se adapte lo antes posible a las variaciones de la señal de entrada, sin entrar en detalle en el análisis matemático del problema, un altavoz puede presentar tres tipos de respuesta temporal a las variaciones en la señal de entrada que dependen del parámetro denominado Q_{TS} , factor de calidad, cuyo valor está relacionado directamente con el factor de amortiguamiento $\zeta = \frac{1}{2} \cdot Q_{TS}$ [L3] .

- Respuesta sobreamortiguada $Q_{TS} < 0,5$ ($\zeta > 1$)
- Respuesta amortiguada críticamente $Q_{TS} = 0,5$ ($\zeta = 1$)
- Respuesta subamortiguada $Q_{TS} > 0,5$ ($\zeta < 1$)

En la figura 29 [L3] se puede observar la representación de un conjunto de respuestas de un altavoz ante una señal de entrada de tipo escalón. La curva que reproduce con mayor fidelidad la señal de entrada de tipo escalón sería la respuesta amortiguada críticamente. Las

situadas por encima, subamortiguadas, presentan cierta oscilación antes de tender a la amplitud constante, mientras que las curvas situadas por debajo, sobreamortiguadas, tardan más tiempo en llegar al valor de amplitud constante.

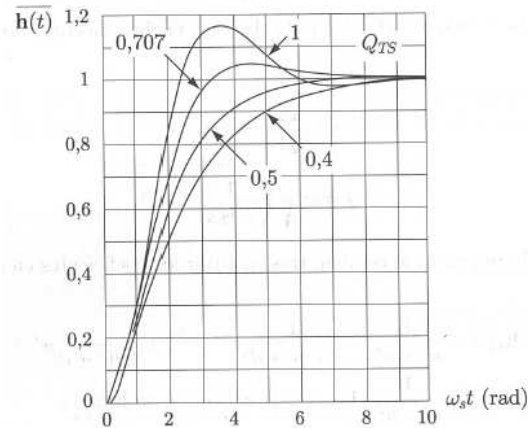


Figura 29. Distintas curvas de respuesta temporal ante una señal de entrada de tipo escalón para diferentes valores de factor de calidad Q_{TS} del altavoz.

Otra forma de ver la respuesta temporal de un altavoz aportando información para cada tipo de frecuencia es mediante el método de Decaimiento Acumulativo Espectrográfico (CSD) que representa cómo se comporta el altavoz a las diferentes frecuencias justo cuando se deja de excitar [W17] .

En la figura 30 [W17] se puede observar cómo la energía acumulada en ciertas bandas sigue resonando en el altavoz, por diferentes razones, haciéndolo oscilar por unos instantes, a pesar de que ya no hay señal a su entrada. Esta energía decae progresivamente hasta consumirse completamente a las diferentes frecuencias y el altavoz termina deteniéndose del todo.

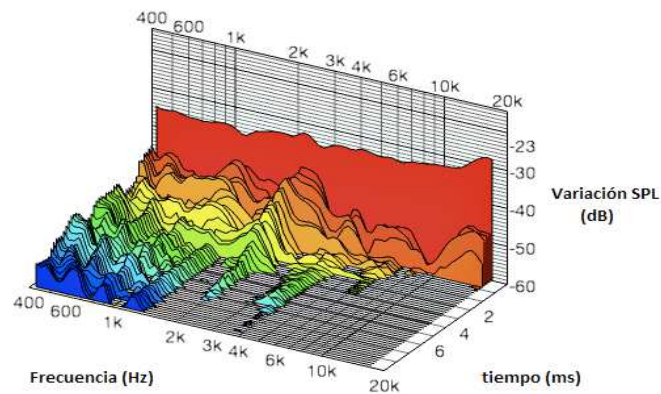


Figura 30. Gráfico de Decaimiento Acumulativo Espectrográfico.

2.2.6.5 Impedancia eléctrica

El concepto de impedancia eléctrica representa la oposición a la circulación de la corriente de un circuito eléctrico, midiéndose en Ω . Un altavoz cuenta con un circuito eléctrico cuya impedancia varía con la frecuencia [L2] . Una curva típica de esta variación es la mostrada en la figura 31[L3] , donde se puede ver el pico que ocurre a la frecuencia de resonancia.

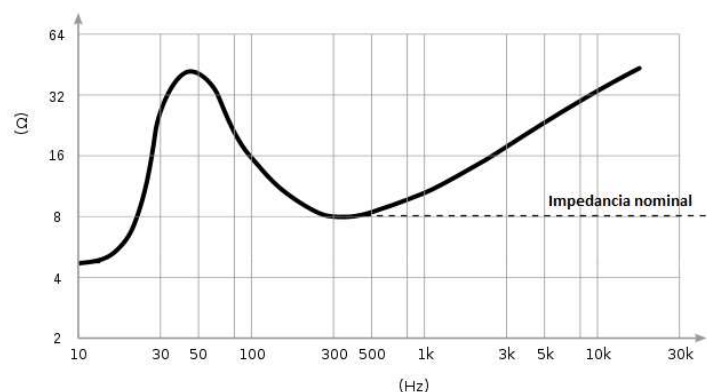


Figura 31. Variación de la impedancia de un altavoz con la frecuencia.

El valor de impedancia que se suele dar de un altavoz, es aproximadamente el valor mínimo de impedancia del gráfico anterior tras el pico de resonancia, redondeado a valores estándar (de 4 Ω , 8 Ω , etc.), se denomina impedancia nominal [L3] . Este valor está relacionado con la cantidad de potencia que un altavoz puede obtener del amplificador al que se conecte [L2] .

A la hora de seleccionar el amplificador adecuado para un altavoz, o viceversa es imprescindible que las impedancias de ambos sean compatibles, para poder sacar el máximo rendimiento a ambos y no dañar ningún equipo. Lo ideal es que ambas coincidan o que la impedancia del altavoz sea siempre igual o mayor a la impedancia de salida del amplificador, pero nunca inferior ya que podría provocar una sobrecarga en el altavoz que destruya el equipo [L2] .

2.2.6.6 Potencia eléctrica

La potencia eléctrica indica el valor máximo que puede absorber el altavoz antes de sufrir desperfectos [L3] .

La especificación de la potencia eléctrica de un altavoz se puede especificar de las varias formas, existiendo en muchos casos confusión sobre ellas.

- **Potencia continua.** Se refiere a la potencia media disipada en el altavoz por una señal senoidal continua. Esta especificación es el dato más bajo de potencia de todos, ya que se corresponde a la situación en la que se disipa más calor en el altavoz y no representa una situación real del sistema a no ser que haya algún error en el mismo [L2] .
- **Potencia de programa o musical** (a veces mal llamada RMS). Se refiere a la potencia disipada con una señal de entrada compleja que simula una señal real de entrada de tipo musical, que se suele denominar señal de “programa”, durante un largo periodo de tiempo sin sufrir daños. Desafortunadamente no existe una estandarización sobre esta señal de programa por lo que los valores de potencia de programa de distintos fabricantes no son comparables. No obstante es el valor que mejor define la potencia “nominal” de un altavoz ya que representa la situación más real del altavoz. Si se hace trabajar al altavoz por encima de esa potencia nominal se podrá dañar irremediabilmente el altavoz [L2] .

- **Potencia de pico.** Se refiere a la máxima potencia instantánea que el altavoz puede soportar. Por motivos comerciales, esta es la característica que más los fabricantes suelen resaltar, no obstante no son un buen indicativo del uso continuo del altavoz [L2] .

Los valores de las anteriores potencias que podría presentar un altavoz serían los siguientes:

- Potencia continua: 120W
- Potencia de programa: 240W
- Potencia de pico: 480W

De cara a escoger un amplificador adecuado para el anterior amplificador, a parte de la selección de impedancias mencionada en el apartado anterior, se debería seleccionar de forma que permita dar la potencia de programa, pero no superarla para evitar daños, es decir, un amplificador con una potencia de unos 220W [L2] .

2.2.6.7 Sensibilidad

Es el nivel de presión sonora que un altavoz produce a 1 m de distancia en su eje, cuando lo alimentamos con 1 W de potencia de audio. Suele darse en dB/W, medidos a 1 m de distancia y aplicando una potencia de 1 W al altavoz, que se correspondería con 2,83 V sobre un altavoz de 8 Ω , aunque pueden escogerse otras distancias para la medida [L4] .

La sensibilidad mide el grado de eficiencia en la transducción electroacústica, es decir, mide la relación entre el nivel eléctrico de entrada al altavoz y la presión sonora obtenida [L4] .

Un incremento de 3dB en la sensibilidad, crearía un incremento en el nivel de presión sonora equivalente a doblar la potencia del altavoz [L2] .

2.2.6.8 Rendimiento.

El rendimiento de un altavoz es la relación entre la potencia acústica, $P_a(W)$, que radia el altavoz en todas las direcciones y la potencia eléctrica, $P_e(W)$, entregada al mismo. Se suele dar en porcentaje [W18] .

$$\eta = \frac{P_a}{P_e} \cdot 100 \quad (26)$$

Los altavoces son transductores electroacústicos con una eficiencia muy pobre. Esto se debe a que la mayor parte de la potencia nominal introducida en un altavoz se disipa en forma de calor en la resistencia eléctrica del cableado de la bobina y en la resistencia mecánica de la suspensión [L4] . Dependiendo del tipo de altavoz el rendimiento es mayor o menor, pudiendo ir desde el 2% de los altavoces dinámicos hasta el 40% en altavoces profesionales de sonorización con bocinas de gran tamaño [L3] [W18] . No obstante, en la práctica no se requiere gran potencia del altavoz para conseguir un nivel de presión sonora aceptable, pudiendo conseguirse niveles de 96dB aplicando 15W de potencia eléctrica a un altavoz con rendimiento del 1% (0,15W de potencia acústica) [L3] .

Es importante aclarar que aunque la sensibilidad y la eficiencia midan de algún modo la eficacia en la transducción, no son iguales. La sensibilidad es el nivel de presión sonora producido por 1W a 1m **en frente del altavoz**, es decir, la medida se refiere a un punto determinado. Mientras que la eficiencia relaciona la potencia eléctrica de entrada con la potencia acústica total **radiada en todas las direcciones**. Así, en dos altavoces con idéntica sensibilidad y distinta dispersión, será más eficiente aquel cuya dispersión sea mayor. Sin embargo si tenemos dos altavoces con similares patrones de directividad, sí podemos comparar su efectividad con los valores de sensibilidad, siendo más efectivo el que tenga mayor sensibilidad [L2] .

2.2.6.9 Line array

Se denomina line array a una agrupación de altavoces acoplados entre sí en una estructura en línea, habitualmente en vertical, de forma que se consigue que el funcionamiento del conjunto sea parecido al de un solo altavoz [W19] .

Aunque no se entrara a analizar en detalle el complejo comportamiento acústico de este tipo de altavoces, si se verán las características fundamentales y posibilidades que presentan de cara a la sonorización. Estas son las siguientes:

- La atenuación con la distancia es menor que la de un altavoz convencional (fuente puntual), ya que su radiación se asemeja a la de una fuente lineal que presenta una atenuación de 3dB al doblar la distancia, frente a los 6dB de la fuente puntual. En realidad esto no es totalmente cierto y sólo se da en condiciones de campo cercano y depende de la frecuencia [L1] . Realmente esta atenuación se cumple siempre que la distancia sea menor que:

$$r < \frac{L^2}{2\lambda} \quad (27)$$

Siendo:

r : Máxima distancia para que la atenuación de la fuente se asemeje a la de una fuente lineal ideal

L : Longitud del line array

λ : Longitud de onda del sonido a reproducir

En la práctica los fabricantes de line array recomiendan en sus especificaciones una distancia máxima de cobertura que se corresponde en mayor o menor medida con el valor anterior [L1] .

- El ángulo de cobertura vertical es estrecho de forma que se puede dirigir la energía sonora hacia la zona de la audiencia, minimizando la emisión hacia zonas que producirían reverberación y efectos que dificulten la inteligibilidad o la escucha agradable. En general, y no solo para los sistemas line array, siempre que se superponen varios altavoces en vertical, cuanto menor sea la distancia entre ellos más estrecha se hace la cobertura vertical, quedando la horizontal idéntica a la de un solo altavoz [W19] [W21] . En la figura 32 [W19] se puede observar el

estrechamiento del ángulo de cobertura vertical de varios altavoces separados una distancia 2λ , λ y $\lambda/2$.

No obstante la característica especial de los line array, que se verá en el próximo punto, es que se consigue que la interacción entre los campos de los altavoces no tenga cancelaciones o efectos peine por interacción de las ondas sonoras desfasadas.

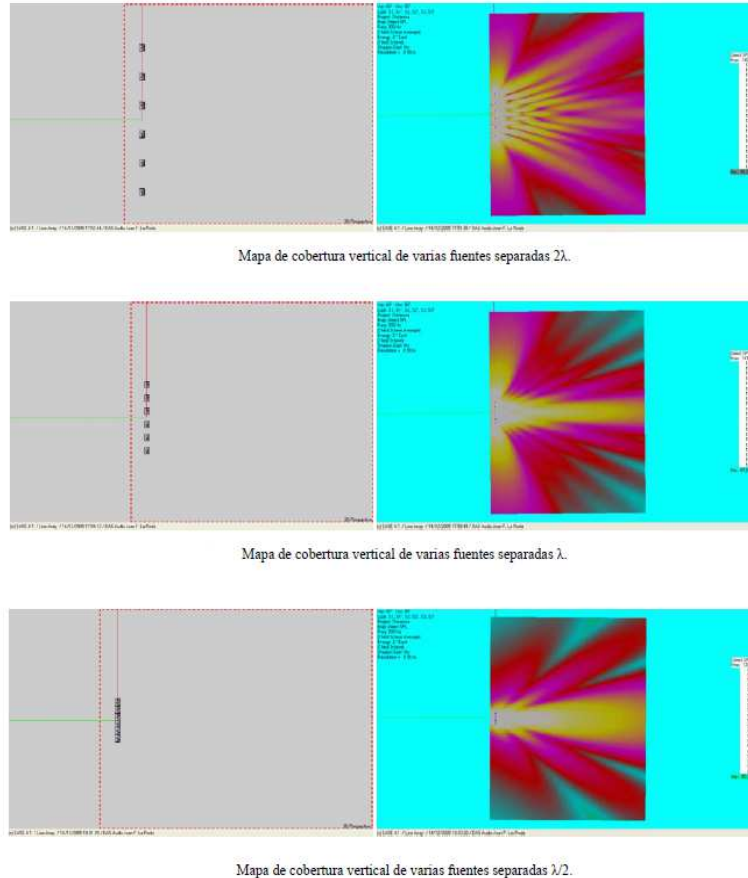


Figura 32. Estrechamiento del ángulo de cobertura vertical al disminuir la separación entre altavoces.

- El diseño en la construcción del altavoz permite que la suma de las contribuciones de todos los altavoces que lo forman sea coherente.

Para las frecuencias bajas y medias se consigue minimizando la distancia entre los centros de los altavoces de forma que, los altavoces deben producir frecuencias cuya longitud de onda sea grande comparada con la distancia entre centros de cada altavoz $\lambda \gg d$ [W19] Esto implica que existe una frecuencia de corte superior a partir de la cual la suma de las ondas no sería coherente y aparecerían lóbulos en la respuesta polar del line array, es decir, un line array que tenga una distancia d entre los centros de cada altavoz, podría reproducir sin cancelaciones sonidos de longitud de onda por encima de:

$$\lambda > 2 \cdot d \quad (28)$$

Siendo:

λ : Longitud de onda mínima del sonido a reproducir, que se corresponde con una frecuencia de corte superior.

d : Distancia entre los centros de cada altavoz del line array

Esto implica que si se quiere llegar a reproducciones sin cancelaciones para altas frecuencias se necesitan transductores de 0,85cm de diámetro (20kHz=> $\lambda = 1,7\text{cm}$ => $d=0,85\text{cm}$). Para potencias de sonorización no muy grandes pueden existir transductores que permitan estas dimensiones, no obstante en los casos que se requieren grandes potencias no es posible por lo que se recurre a las guías de ondas como la de la figura 33 [W19] . La guía de ondas es un conducto moldeado de tal forma que permite convertir la salida circular del cono del altavoz en una salida de superficie rectangular que emite un frente de onda de la misma fase, de esta forma, la suma de ondas siempre es coherente [W19] .

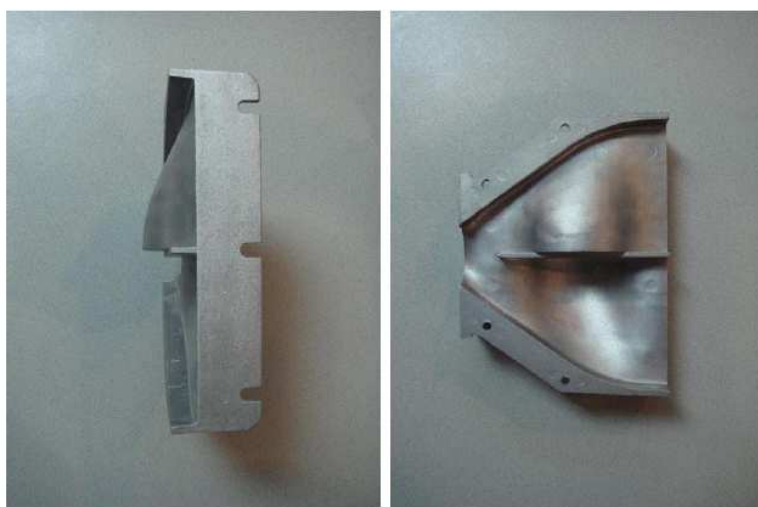


Figura 33. Media guía de ondas vista desde el frente y desde el lateral interior.

- Para la correcta configuración de un line array es necesario contar un software de predicción que ayuda a configurar el sistema, permitiendo modificar las señales de entrada a cada altavoz y viendo los resultados [W20]

2.2.7 Parámetros medida calidad acústica

Existen multitud de parámetros para medir la calidad acústica de un recinto, no obstante se verán fundamentalmente los que se pueden calcular de una forma sencilla o los que permite obtener el programa de simulación EASE, ya que es el único medio con el que se cuenta para predecir el comportamiento de la sala. Posteriormente durante la fase de ejecución del proyecto se deberán realizar las mismas medidas e incluso adicionales para comprobar las características acústicas de la sala.

Asimismo se verán los tiempos recomendados de dichos parámetros para el tipo de sala que nos ocupa, un auditorio de uso polivalente, tanto para conferencias como para música.

2.2.7.1 Tiempo de reverberación (TR)

En apartados previos se vio la definición de tiempo de reverberación, como el tiempo que transcurre desde que la fuente cesa su emisión hasta que la energía acústica presente en el interior de una sala, cae 60 dB [L6].

Es el indicador acústico más representativo del comportamiento de una sala, al ser el más expresivo en términos globales, y del que dependen otros.

Subjetivamente, el tiempo de reverberación se interpreta como el tiempo de persistencia del sonido en el recinto hasta hacerse inaudible. Una sala con tiempos de reverberación altos se dice que es una sala “viva”, más adecuada para reproducción de música ya que permite mantener mejor los sonidos y disimular las imperfecciones de ejecución, mientras que una sala con tiempos de reverberación bajos se dice que es una sala “seca o incolora”. Estas últimas salas cuentan en principio con mejores características para la reproducción de la palabra ya que la parte más significativa de la palabra son las consonantes, que son a la vez más débiles y más cortas que las vocales, en consecuencia con un tiempo de reverberación alto, las vocales se prolongan demasiado enmascarando a las consonantes que le siguen lo que reduce la inteligibilidad.

El tiempo de reverberación óptimo depende del uso del recinto, dimensiones volumen y naturaleza de la fuente sonora (música o palabra). Debido a que el TR varía con la frecuencia, el valor de TR óptimo, se refiere al obtenido como la media aritmética del tiempo de reverberación en las bandas de octava centradas en 500 y 1000 Hz, cuando la sala está ocupada [L5].

En el caso de salas multiusos, como es el caso que nos ocupa, se buscará unos valores intermedios de compromiso, que no satisfacen plenamente las distintas actividades. El valor de TR para una sala polivalente se deberá situar entre 1,2 y 1,5 segundos [L5].

Existen numerosos estudios, realizados por diferentes autores (Kudsen y Harris, Leo Beranek, Conturie, Pérez Miñana, Cremer, etc), que han permitido elaborar ábacos y fórmulas empíricas que permiten estimar el tiempo de reverberación óptimo en función del volumen y uso del recinto, no obstante se utilizará el criterio simplificado mencionado en el párrafo anterior.

2.2.7.2 Tiempo de Caída Inicial (EDT) (Early Decay Time)

El tiempo de caída inicial (EDT, Early Decay Time) es el tiempo que transcurre desde que la fuente cesa su emisión hasta que la energía acústica presente en el interior de una sala, cae 10 dB, multiplicado por seis [L5].

Es un parámetro muy relacionado con TR, aunque normalmente no coinciden. El EDT sería el tiempo de reverberación de la sala si la tendencia de caída inicial del nivel de presión sonora se mantuviera uniforme todo el tiempo, situación que sólo se da en las salas con una geometría regular y una distribución homogénea de los materiales absorbentes, creándose una difusión uniforme del sonido.

No obstante, como se menciona anteriormente lo normal es que no coincidan viéndose en la gráfica de la figura 34 [W23] la distinta tendencia en la caída, en la fase inicial y durante el tiempo de reverberación completo.

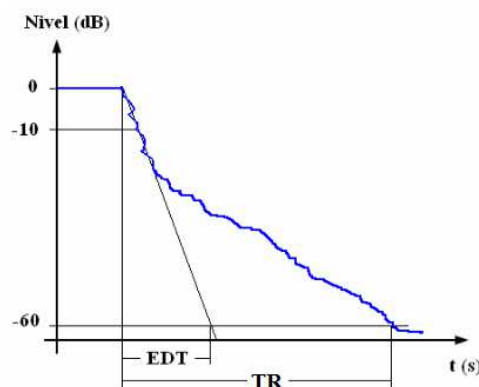


Figura 34. Diferencia entre los valores de EDT y TR.

Según el autor Antoni Carrión Isbert [L5], el EDT está más relacionado con la sensación subjetiva de viveza que el TR, utilizado tradicionalmente, de forma que para determinar el grado de viveza de una sala es más fiable guiarse por el valor de EDT.

Al igual que para el tiempo de reverberación, existen valores recomendados para EDT. Así, para asegurar una correcta difusión del sonido se aconseja que la media aritmética de EDT en las frecuencias de 500 Hz y 1 kHz con la sala vacía, denominada EDTmid, sea lo más similar posible a los valores recomendados para TRmid [L5].

2.2.7.3 ALCons

ALCons representa las siglas de "Articulation Loss of Consonants", es decir, es el porcentaje de pérdida de la articulación de las consonantes. Por tanto, según lo indicado en el apartado anterior, una buena forma de cuantificar la inteligibilidad es calcular el porcentaje de consonantes que no se entienden de un discurso, de forma que cuanto mayor sea, menor será la inteligibilidad de la palabra [L5].

Es un término definido por el investigador holandés V.M.A. Peutz, que realizó una serie de estudios de distintas salas, basados en encuestas realizadas a un conjunto de espectadores. Éstos debían escuchar una lista de "logatomos" (consonante-vocal-consonante) y escribir lo que habían entendido [P3].

De acuerdo a los resultados, y apoyándose en la teoría estadística consiguió obtener una fórmula para medir la inteligibilidad relacionada con el tiempo de reverberación:

$$\% ALCons = \frac{200 \cdot r^2 \cdot TR^2}{V \cdot Q} \quad \text{si } r \leq 3,16d_c \quad (29)$$

$$\% ALCons = 9 \cdot TR \quad \text{si } r > 3,16d_c \quad (30)$$

Siendo,

r : distancia a la fuente sonora (m)

V : Volumen de la sala (m^3)

Q : Directividad de la fuente

TR: Tiempo de reverberación (s)

En una estancia que tenga un valor %ALcons bajo es más sencillo entenderse que en una que tenga un valor %ALcons alto. A continuación se muestran los rangos del valor de %ALcons que determinan la calidad en inteligibilidad de la sala [W22] .

%ALcons	INTELIGIBILIDAD
0%-3%	Excelente
3%-7%	Buena
7%-15%	Justa
15%-33%	Pobre
>33%	Inaceptable

Tabla 2. Correspondencia entre valores de %ALcons y la inteligibilidad de la sala

Como criterio simplificado, se suele dar por buena una sala con %ALcons <15% [W22] .

2.2.7.4 STI

STI significa "Speech Transmisión Index" y fue definido por Houtgast y Steeneken en la primera mitad de la década de los 70. Puede tomar valores comprendidos entre 0, inteligibilidad nula, y 1, inteligibilidad óptima [P3] .

Es conceptualmente más complejo, evaluando la inteligibilidad de la palabra partiendo de la propia señal de voz. Se basa en el análisis de la degradación que sufre la voz al transmitirse en un recinto, debido a los efectos de la reverberación, los ecos y el ruido [P1] .

Aunque no se entrará en detalles de su medición, la descripción del método de cálculo es la siguiente. En el test STI, el habla o señal de prueba es modelada por una forma de onda fundamental que es modulada por señales de baja frecuencia, para ello es necesario un esquema complejo de modulación de amplitud. En el extremo final donde es recibida la señal emitida, la profundidad de la modulación de la señal recibida es comparada con la señal original en diversas bandas de frecuencias. Las reducciones en la profundidad de la modulación se asocian a pérdida de inteligibilidad [P3] .

Los valores de referencia de STI para interpretar la inteligibilidad son [W22] :

STI	INTELIGIBILIDAD
0,75-1	Excelente
0,6-0,75	Buena
0,45-0,6	Justa
0,3-0,45	Pobre
0-0,3	Inaceptable

Tabla 3. Correspondencia entre valores de STI y la inteligibilidad de la sala

2.2.7.5 RASTI

Como simplificación del STI surge el índice RASTI (RApid STI) para reducir el tiempo de cálculo al reducir el número de frecuencias moduladoras y portadoras, midiendo solamente en dos octavas centradas en 500 Hz y 2 KHz respectivamente [P3] .

Este índice, fue patentado por la empresa danesa Brüel y Kjaer, y es el más utilizado en las mediciones de inteligibilidad en recintos, dada su rapidez de cálculo con respecto al STI [P3] .

Existe una correlación entre los valores del ALCons% y los del STI/RASTI y que se puede representar mediante la fórmula de Farrel-Becker [P1] :

$$STI = 0,9482 - 0,1845 \ln(ALcons) \quad (31)$$

2.2.7.6 Claridad

A continuación se verán tres parámetros que permiten evaluar la claridad con la que se recibe el mensaje sonoro. Ambos miden la relación entre campo directo y reverberante, considerando diferentes límites de tiempo para la clasificación del sonido como directo o reverberante, para la palabra se suele establecer entre 35 y 50ms y para la música en 80ms [W22] .

a) C7 ó D/R ó Relación energética

Mide en dB la relación de la energía recibida en los primeros 7ms (campo directo) respecto a la percibida a partir de estos 7ms. Está relacionada con la inteligibilidad. Su valor debe estar entre 0 y -15dB.

b) C50 ó Claridad de la palabra

Mide en dB la relación entre toda la energía sonora recibida en los primeros 50ms respecto a la percibida a partir de estos 50ms. Está relacionada con la inteligibilidad de la palabra. En recintos con reverberación alta cualquier valor por encima de -5dB es bueno, no obstante para un teatro se considera que debería ser ≥ 5 dB.

c) C80 ó Claridad musical

Mide en dB la relación entre toda la energía sonora recibida en los primeros 80ms respecto a la percibida a partir de estos 80ms. Está relacionada con las prestaciones musicales de la sala, para una buena claridad musical C80 no debe ser mayor que 8dB.

2.2.7.7 Intimidad (ITDG)

La intimidad o *Initial Time Delay Gap* Es el tiempo comprendido entre que llega el sonido directo y se recibe la primera reflexión [L1] . Según Beranek, está relacionado con la ‘intimidad acústica’, es decir, la impresión de que el recinto es de menor tamaño a lo que en realidad es. Es recomendable un límite superior de 20 ms, para una posición central frente al escenario [P1] .

2.2.7.8 Ruido de Fondo

El ruido de fondo es el sonido que se percibe en una sala cuando no se realiza ninguna actividad en la misma, éste puede provenir del exterior, del tráfico, salas adyacentes, etc, o deberse a los sistemas de climatización y electricidad del edificio.

La presencia de este ruido provocará enmascaramiento del sonido principal que se quiere reproducir, bien sea palabra o música, con la consecuente reducción de inteligibilidad. Por ello normalmente se busca que la señal de emisión del mensaje sonoro supere en 25dB al nivel del ruido de fondo, que tendrá una determinada composición espectral [A2] .

Una de las formas de valorar si un ruido es aceptable en un determinado entorno, es utilizando las curvas de ponderación de ruido, curvas NC (Noise Criteria), que establecen los límites aceptables de ruido en diferentes entornos. Su representación gráfica y valores se muestra en la siguiente figura 35[W24] .

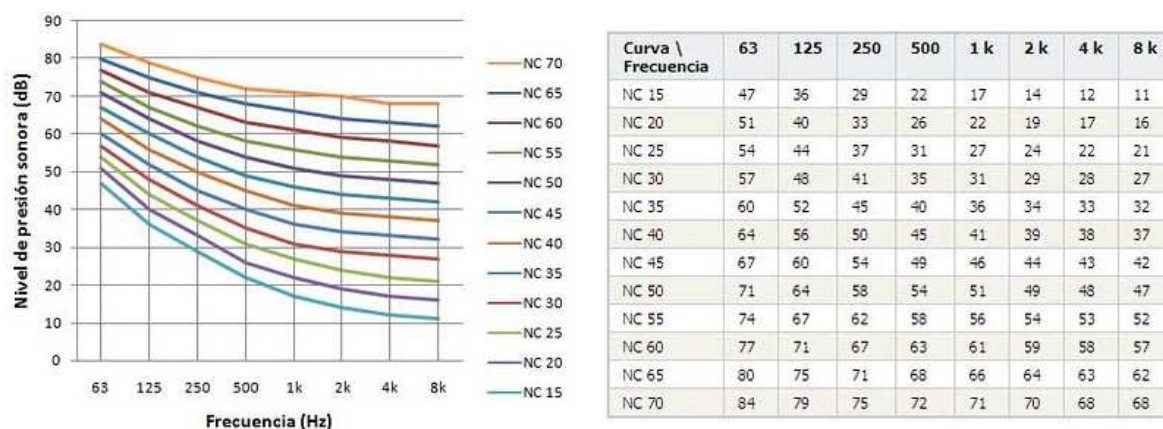


Figura 35. Gráficas y valores de las curvas NC.

Un recinto cumplirá una determinada curva NC si sus niveles de ruido de fondo se encuentran por debajo de la curva NC correspondiente en todas las bandas de octava. En la siguiente tabla [L5] se muestran las curvas NC recomendadas para diferentes tipos de recintos, junto con su equivalencia en dBA.

TIPOS DE RECINTOS	CURVA NC RECOMENDADA	EQUIVALENCIA EN dBA
Estudios de grabación	15	28
Salas de conciertos y teatros	15-25	28-38
Hoteles (habitaciones individuales)	20-30	33-42
Salas de conferencias / Aulas	20-30	33-42
Despachos de oficinas / Bibliotecas	30-35	42-46
Hoteles (vestíbulos y pasillos)	35-40	46-50
Restaurantes	35-40	46-50
Salas de ordenadores	35-45	46-55
Cafeterías	40-45	50-55
Polideportivos	40-50	50-60
Talleres (maquinaria ligera)	45-55	55-65
Talleres (maquinaria pesada)	50-65	60-75

Figura 36. Curvas NC recomendadas para diferentes tipos de recintos.

En el caso de la sala polivalente objeto de este proyecto se tomará un valor intermedio entre la curva NC recomendada para salas de conciertos y teatros y la recomendada para salas de conferencias y aulas, considerando aceptable un valor de ruido por debajo de las curvas NC25 y NC30.

No obstante el nivel de ruido es un valor que nos viene dado por las características de la sala y su entorno, lo único que se puede hacer para mejorar la inteligibilidad del mensaje sonoro es subir el nivel de presión sonora del sistema de audio o mejorar el aislamiento de la sala para evitar las transmisión de sonidos externos o de los sistemas de climatización.

Finalmente, cabe mencionar que existen otros criterios de evaluación del ruido de fondo, como las curvas PNC (“Preferred Noise Criteria”) y las NR (“Noise Rating”), de funcionamiento operativo análogo a las curvas NC [L5].

2.3 Sistemas de vídeo

En el presente apartado se verán características fundamentales y funcionamiento básico de los equipos de vídeo que formarán parte de la instalación, cámaras, proyectores y sistemas de interconexión.

2.3.1 Cámaras

2.3.1.1 Configuración básica.

La mayor parte de las cámaras de vídeo constan de un sistema de captación de audio o micrófono (aunque puede no estar presente), una fuente de alimentación que suele ser una batería para cámaras portátiles (o un cable de alimentación eléctrica) y un sistema de captación de vídeo que transforma la señal lumínica captada por el objetivo en una señal eléctrica.

En la figura 37 [A3] se muestra un esquema de bloques básico del sistema de captación de imágenes.

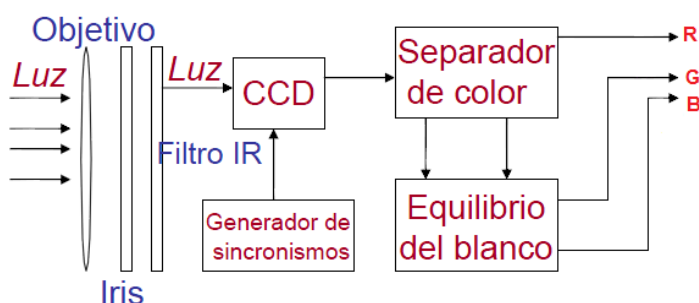


Figura 37. Componentes de una cámara de vídeo.

El **objetivo o lente** es una lente convergente que capta los rayos de luz reflejados por la escena y los dirige hacia la zona sensible del sensor de imagen CCD. Previamente a que la luz

llegue al CCD pasa por el **iris o diafragma** que controla la cantidad de luz que llega para que no se produzca un exceso o sobreexposición, ni un defecto de luz, es decir, el iris realiza el control de la exposición. El siguiente paso antes de llegar al sensor de imagen es un **filtro de rayos infrarrojos (IR)** para evitar captar señales que el ojo humano no percibe [A3] .

El **sensor de imagen o captador** (CCD-Charge Coupled Device) está formado por una matriz de células sensibles a la luz, que generan una señal eléctrica cuando la luz incide sobre ellas. Estas células, condensadores CMOS, constituyen los elementos de imagen o pixels. El **generador de sincronismos** controla la generación de las señales en la superficie sensible del CCD [A3] .

El **separador de color** descompone la escena explorada en el CCD en tres imágenes cromáticas: rojo (R), verde (G) y azul (B). El **equilibrio de blanco** ajusta la ganancia de los canales de color para captar la mejor imagen posible en función de las condiciones de iluminación existentes [A3] .

El esquema de la figura anterior es una simplificación de los elementos existentes en el sistema de captación de vídeo, las cámaras reales más modernas incorporan procesadores de señal y diferentes formatos de salida para la señal de vídeo.

2.3.1.2 Tipos de lente.

La lente u objetivo es la que moldea la visión de la cámara, determina el tamaño de los objetos, los detalles de fondo, detalles de primer plano, etc.

El objetivo de una cámara es una lente convergente que reúne en un punto de su eje óptico los rayos de luz que inciden paralelos a dicho eje, el punto donde convergen se denomina **punto focal o foco** y es donde se forma la imagen. La distancia entre el centro de la lente y el foco se conoce como **distancia focal** y para un objetivo dado determina el tamaño de la imagen captada [A3] .

Existen dos tipos de lentes, las fijas **fijas**, en las que la distancia focal tiene un valor único y las lentes de **zoom**, que incorporan un dispositivo que permite variar su distancia focal entre dos límites. Este dispositivo está formado por un conjunto de lentes que se mueven de forma muy precisa, manualmente o de forma automatizada [A3] .

La **relación de zoom** es el poder de amplificación que tiene una lente con zoom, queda determinado por la relación entre la distancia focal en el modo teleobjetivo (distancia focal larga) y la distancia focal en el modo gran angular (distancia focal corta). Normalmente las relaciones se indican respecto a una distancia focal de 1mm. Por ejemplo zoom de 10:1, significa que en modo teleobjetivo la distancia focal es 10 veces la del modo gran angular [A3] .

Los objetivos se pueden clasificar en 3 grupos dependiendo del campo de visión que abarquen [A3] :

- **Gran angular:** Proporciona un gran campo de visión, da una imagen amplificada de la escena. Se utilizan en espacios reducidos o con mucha gente. El campo angular conseguido es de más de 45°.

- **Normal:** Se utilizan en TV, este objetivo puede captar escenas con un campo angular igual al que el espectador espera ver en la pantalla. Es un objetivo de uso universal. El campo angular conseguido se sitúa entre 15 y 45°.
- **Teleobjetivo:** Son objetivos con distancia focal superior a la normal, se utilizan para exteriores y para primeros planos de objetos distantes de la cámara. El campo angular conseguido es menor de 15°.

2.3.1.3 Iris o diafragma.

El iris o diafragma regula la cantidad de luz que llega a la superficie de la zona sensible del sensor de imagen, determinando la luminosidad de la imagen captada [A3] . Son de apertura variable, el tamaño del orificio del iris viene calibrado en pasos graduados, conocidos como f-stops, relativos al “número f”:

$$\text{Número f} = \frac{\text{distancia focal}}{\text{Diámetro haz luz incidente}}$$

2.3.1.4 Cámaras motorizadas

Las cámaras utilizadas para labores de vigilancia o videoconferencia suelen ser de pequeños tamaño y permiten ser manejadas de forma remota a través de un sistema de control cuyo interfaz suele ser un teclado y una palanca de mando.

Los ángulos de movimiento máximo horizontal y vertical que pueden alcanzar se denominan pan y tilt, respectivamente. Normalmente incorporan también la posibilidad de controlar el zoom de forma remota, denominándose cámaras PTZ (Pan/Tilt/Zoom) [W25]

2.3.2 Sistemas de proyección

Los sistemas de proyección de vídeo permiten visualizar todo tipo de imágenes captadas por diferentes fuentes, así como la proyección de datos de equipos informáticos. Los principales aspectos a tener en cuenta son las distintas tecnologías de proyección y resoluciones existentes.

Un proyector recibe una señal y proyecta la imagen en una pantalla mediante sistemas de lentes y luz. Todos los proyectores de vídeo utilizan una luz muy brillante para proyectar la imagen.

2.3.2.1 Tecnologías de proyección.

Las principales tecnologías de proyección existentes son:

- a) **Tecnología CRT (Tubo de Rayos Catódicos).** Utilizan el mismo principio que los televisores. Un haz de electrones es orientado por una señal eléctrica generada en el tubo de rayos catódicos, la imagen se genera al excitar la capa de fósforo.

Para conseguir una imagen en color se utilizan tres tubos en paralelo, cada uno agregando uno de los colores primarios RGB [A3] .

Las ventajas de esta tecnología son su alta resolución (no tiene una matriz limitada de píxeles) y calidad de imagen, que no es superada por ninguna otra tecnología, asimismo sus lámparas son de larga duración. Por contra su tamaño y peso son grande, su consumo es alto, proporcionan poca luminosidad y necesitan calibración [A3] .

- b) **Tecnología LCD (Panel de Cristal Líquido).** Fue la primera tecnología digital para la proyección de imágenes, basada en píxeles. Una fuente muy luminosa de luz blanca es proyectada sobre espejos que separan la luz en sus tres colores básicos: rojo, verde y azul. Cada uno de esos tres colores atraviesa su propio panel LCD. Cada LCD forma su propia imagen y son combinadas por medio de un prisma para formar una imagen de los 3 colores, según se muestra en la figura 38 [W26].

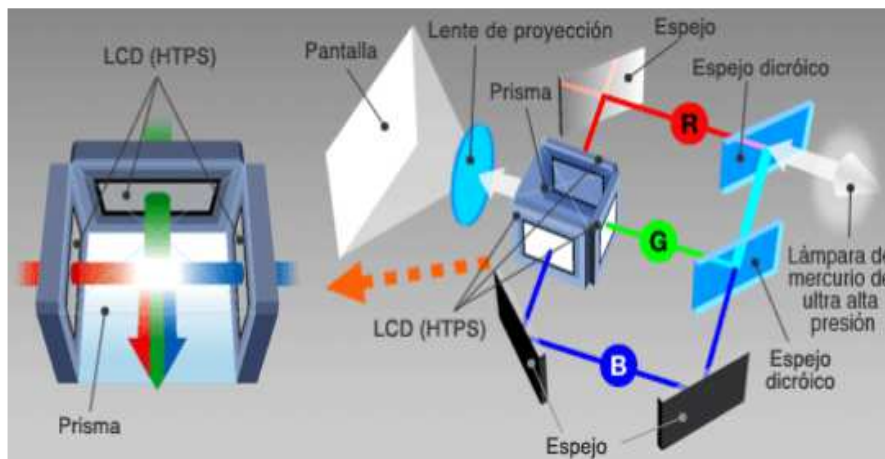


Figura 38. Tecnología proyector LCD.

A diferencia de los proyectores CRT los LCDs son más pequeños y ligeros, y también permiten niveles más altos de luminosidad a un coste razonable. Por otro lado presenta algunos inconvenientes: el ángulo de visualización es inferior al de los CRTs, la pixelación que se hace perceptible cuando es necesario interpolar imágenes de baja resolución y afección de la iluminación externa al contraste de la imagen mostrada (el color negro se “vuelve gris”) [W26].

- c) **Tecnología DLP (Digital Light Processing).** Es una tecnología reflexiva, que utiliza microespejos con un pequeño ángulo de rotación, conocidos como DMD (Digital Micromirror Devices), que les permite reflejar o desviar la luz, dependiendo de una señal. Al dirigir un haz de luz hacia los microespejos, la posición en que se encuentra cada uno de éstos conforma la imagen, que es reflejada. Este haz de luz reflejado que lleva la imagen en blanco y negro, se hace pasar a través de un disco que gira a gran velocidad, que contiene los tres colores primarios, y, por lo tanto, le agrega el color. La figura 39 [W27] muestra este proceso. Existen DLPs que cuentan con 3 DMDs, uno para cada color primario para conseguir imágenes más brillantes [A3] .

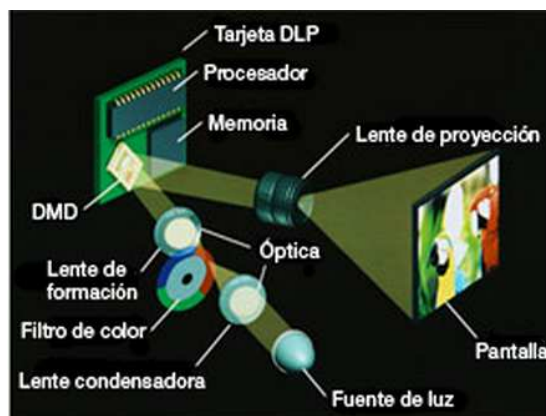


Figura 39. Tecnología proyector DLP.

También son compactos y ligeros y de poco consumo. La calidad de imagen es alta y se obtienen colores más vivos y mayor gama de contraste que en proyectores LCD [W26].

Por el contrario presenta una uniformidad menor a la de LCD y en los proyectores DLP de una sola DMD con filtro de color se observa un defecto llamado efecto arcoíris, que genera la visión del arcoíris si la visión se produce desde un punto muy cercano a la pantalla. El precio es mayor que el de un proyector LCD [A3] .

d) **Tecnología LcoS (Liquid crystal on Silicon).** Es como la combinación de un LCD con un DLP. Es una tecnología de reflexión en cuanto a que usa cristales líquidos en vez de microespejos individuales. Según se abren o cierran los cristales líquidos, la luz es reflejada o bloqueada. Esto modula la luz y crea la imagen, según se muestra en la figura 40 [W26]. A diferencia que los LCD, no tiene rueda de colores [W26].

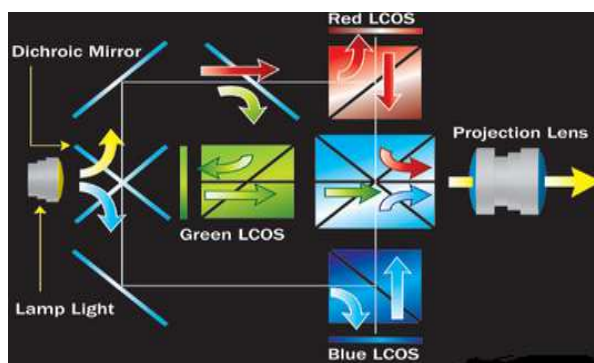


Figura 40. Tecnología proyector LcoS.

Tiene una alta resolución y a diferencia de los DLP ó LCD no se ven los espacios entre píxeles. La ausencia de la rueda de color elimina el efecto arcoíris. El gran inconveniente de esta tecnología es su alto coste y la poca vida de su lámpara [W26].

2.3.2.2 Resolución.

La resolución del proyector se mide en pixels, que son los elementos más pequeños de la imagen. La resolución de una imagen es la cantidad de pixels que la constituyen, se expresa en número de píxeles horizontales y verticales de la imagen. Las resoluciones estandarizadas son las siguientes:

- VGA: 640x480
- **SVGA: 800x600**
- WVGA: 854 x 480
- **XGA: 1024x780**
- SXGA: 1280 x 1024
- **WXGA:1280 x 800**
- WUXGA:1920 x 1200

2.4 Sistemas de videoconferencia

El fundamento teórico de la videoconferencia, se basa en la compresión y codificación de la información de audio y vídeo y su transmisión a través de las redes de comunicación, cuestiones que se verán en los dos primeros subapartados. Viendo en último lugar los elementos básicos y tipos de videoconferencias.

La explicación detallada de la base teórica y distintos estándares de compresión y codificación, es un campo extenso y complejo, que no es el objeto de este proyecto, por lo que en este apartado se realizará un breve resumen de dichas bases, técnicas y estándares empleados.

2.4.1 Compresión, codificación y distribución multimedia

En primer lugar es necesario indicar que la videoconferencia transmite información multimedia, es decir, información en forma de texto, gráficos, imágenes, audio y vídeo como señales digitales.

El usuario final de los datos multimedia siempre es una persona que genera y procesa señales analógicas, no obstante la evolución de la tecnología ha demostrado que la representación digital de dichas señales analógicas genera grandes ventajas para el almacenamiento, procesamiento y transmisión de dicha información multimedia. Lo anterior no quiere decir que sigan existiendo algunos equipos de procesamiento analógico con excelentes prestaciones.

A continuación se verán los procesos básicos que se utilizan para el manejo de las señales digitales.

a) Digitalización de la señal analógica

Para obtener el formato digital a partir de la señal analógica se deben realizar los siguientes procesos:

- **Muestreo:** Toma de los valores de la señal analógica en intervalos regulares de tiempo, denominando a dicho intervalo periodo (T) y a su inversa la frecuencia de muestreo. Para obtener una representación adecuada de la señal analógica la frecuencia de muestreo debe ser el doble de la frecuencia más alta presente en la señal analógica, según el teorema de Nyquist.
- **Cuantificación:** Consiste en definir y limitar el número de valores posibles que puede tomar la señal analógica (infinitos), aproximando el valor analógico al nivel definido más cercano (discreto). Este paso genera inevitablemente pérdida de información, denominada error de cuantificación.
- **Codificación:** Representación de los anteriores valores discretos que puede tomar la señal digital mediante un número determinado de bits.

Una vez finalizado el proceso se obtiene la representación digital de la señal analógica como una sucesión de valores discretos codificados [A3] .

b) Tipos de datos multimedia

Las señales analógicas multimedia a codificar pueden ser datos **continuos** que cambian con el tiempo, como son el audio y el vídeo, o **discretos** que son independientes del tiempo, como son el texto y las imágenes. Las aplicaciones basadas en datos continuos presentan mayores requerimientos de retardos, ancho de banda, sincronismo, etc, que las basadas en datos discretos.

La representación digital de las **imágenes fijas** se obtiene dividiendo la imagen en un conjunto de píxeles, a través de escaneo o sensores. En las imágenes monocromas cada píxel tiene su propio brillo y se suele especificar con 8 bits. En las imágenes en color se utilizan 24 bits para brillo y color [A3] .

Si se supone una imagen de color de 768x1024 píxeles, el número de bits de la imagen sería de $768 \times 1024 \times 24 = 18.874 \text{ kb}$. Si se quiere transmitir por una línea con un ancho de banda de 5000kbps, el tiempo mínimo necesario es de $18874000 / 5000000 = 3,8 \text{ s}$.

Los **textos** requieren menos capacidad de almacenamiento que las imágenes, representándose cada carácter de texto con 8 bits [A3] .

Si se supone una página de texto con 64 líneas y 80 caracteres por línea, el número de bits de su representación digital sería de $64 \times 80 \times 8 = 41 \text{ kb}$, si se quiere transmitir por una línea con un ancho de banda de 5000kbps, el tiempo mínimo necesario es de $41000 / 1000000 = 8.2 \text{ ms}$.

La señal digital de **audio** se obtiene a partir de la señal eléctrica analógica generada en el micrófono al incidir la onda acústica de presión, esta señal representa la amplitud del sonido en función del tiempo [A3] .

En el caso de transmisiones telefónicas el rango de frecuencias de la voz humana va de 200Hz a 3200Hz aproximadamente, por lo que según el teorema de Nyquist, la frecuencia de muestreo debería ser de al menos 6400Hz, en la práctica se suele tomar el valor de 8000Hz. Con un cuantificador de 8 bits el caudal de bits generado por la voz sería de $8000 \times 8 = 64\text{kbps}$.

Para una señal de audio de alta fidelidad, el rango de frecuencias es de 20Hz-20000Hz. Según el teorema de Nyquist la frecuencia de muestreo debería ser de al menos 40000Hz, el estándar de la industria es de 44100Hz. Si se usa un cuantificador de 16 bits para cada uno de los dos canales de audio, el caudal de bits generado sería de $44100 \times 2 \times 16 = 1410\text{kbps}$ que ya empieza a ser considerable para anchos de banda típicos de redes domésticas 10Mbps.

El **vídeo** está formado por una secuencia temporal de imágenes llamadas cuadros o frames. La diferencia entre imágenes consecutivas suele ser muy pequeña, debiéndose fundamentalmente al movimiento de objetos. El caudal de frames necesario para dar una buena sensación de movimiento debe estar entre 25 y 30 segundos [A3] .

Si se supone una señal en formato CIF, 288 líneas por imagen con 360 píxeles cada línea y un caudal de 30fps, el caudal de bits generado sería de $288 \times 360 \times 30 \times 24 = 74,65\text{Mbps}$, cifra que puede generar problemas de capacidad de ancho de banda.

c) Requisitos de las aplicaciones que tratan con datos multimedia

Como se puede ver las necesidades de almacenamiento y de transmisión no son las mismas para cada tipo de dato multimedia. En general los datos multimedia por excelencia son el audio y el vídeo, que requieren unas prestaciones a los equipos de almacenamiento, procesadores y a la red de datos [A3] :

- Técnicas de compresión para reducir la cantidad de información a almacenar o transmitir para asegurar la viabilidad de la aplicación de datos multimedia.
- Potencia de procesamiento para comprimir y descomprimir las señales.
- Creación de estándares de compresión.
- Elevada capacidad de almacenamiento
- Red de datos:
 - Capacidad para soportar tráfico de datos de velocidad constante y variable.
 - Creación de canales bidireccionales en la red para proporcionar conexiones interactivas.
 - Capacidad multidestino (multicast).
 - Ancho de banda suficiente para asegurar la transmisión.
 - Alta velocidad de transmisión para permitir comunicación en tiempo real.
 - Necesidad de retardo de la red (jitter) constante, para no perjudicar la reproducción en tiempo real.
 - Baja tasa de error.
 - Calidad de servicio (QoS), que se consigue mediante protocolos de transmisión que clasifican los datos en distintos niveles de prioridad para asegurar la calidad en la transmisión y reproducción.

d) Compresión de la señal analógica

Como se ha justificado en el apartado anterior la señal digital de los datos multimedia suele someterse a un proceso de compresión para disminuir el número de bits que la forman y así conseguir ventajas como son la disminución del espacio ocupado para su almacenamiento y la mayor velocidad de transmisión.

La compresión multimedia consiste en la disminución del número de bits utilizado para representar la señal eliminando la redundancia de la señal de forma que se intenta preservar la máxima calidad de la señal posible, o dicho de otra manera la máxima información de la señal original [A3] .

En la figura 41 [A3] se muestran la tasa de datos o ancho de banda que necesitarían distintas señales multimedia sin comprimir, frente al ancho de banda necesario para esas mismas señales comprimidas:

Aplicaciones	Sin comprimir	Comprimida
Voz, 8 Khz muestreo, 8 bits/muestra	64 kbps	2-4 kbps
Audio Conferencia, 8 Khz muestreo, 8 b/m	64 kbps	8-16 kbps
Audio Digital CD (estéreo) 44,1 Khz muestreo, 16 bits/muestra	1,5 Mbps	128-384 kbps
Vídeo con poco movimiento (10 fps) Tamaño de cuadro 176x144, 8 bits/píxel	6,08 Mbps	8-16 kbps
Vídeo Conferencia (15 fps) T.C. 352x240, 8 b/p	30,41 Mbps	64-768 kbps
Vídeo Digital sobre CD-ROM (30 fps) Tamaño de cuadro 352x240, 8 bits/píxel	60,83 Mbps	1,5-4 Mbps
Vídeo broadcast (30 fps) T.C. 720x480, 8b/p	248,83 Mbps	3-8 Mbps
Vídeo alta definición HDTV (60 fps) 1280x720, 8 b/p	1,33 Gbps	20 Mbps

Figura 41. Comparación de las tasas de datos multimedia comprimidos y sin comprimir.

Según la figura anterior, suponiendo un ancho de banda estándar de una red doméstica normal, 10Mbps, para la señal sin comprimir se empezaría a tener problemas de transmisión para las aplicaciones de vídeo con poco movimiento y videoconferencia. En cambio si se comprime la información los problemas podrían comenzar para la transmisión de vídeo broadcast.

Este proceso de compresión es factible puesto que las señales de audio y vídeo contienen gran cantidad de información redundante [A3] :

- **Redundancia espacial:** Es la correlación existente entre muestras vecinas de una imagen o cuadro de vídeo. Esto permite utilizar técnicas de codificación predictivas.
- **Redundancia temporal:** Es la correlación entre secuencias de vídeo contiguas o entre valores de la señal de audio contiguos, lo que también permite el uso de técnicas de codificación predictivas.
- **Redundancia por codificación:** Se da por la asignación de códigos de longitud fija a todas las muestras, independientemente de su frecuencia de aparición.

- **Redundancia psicovisual:** Parte de información de la señal es irrelevante desde el punto de vista perceptivo. El ojo humano es más sensible a unos colores que a otros. Además es más sensible a la intensidad (brillo) que a la información de color.

Esto es aplicado en la codificación de vídeo, transformando el espacio de color natural de los equipos de obtención y presentación de imágenes, que utiliza los colores primarios RGB, en otro espacio de colores que suele ser una luminancia y dos crominancias (YCbCr, YUV, YPbPr) de forma que, al ser el ojo más sensible a la información de la señal de luminancia, las dos señales de crominancia necesitan menos bits para su representación, pudiendo ser submuestreadas a la mitad o un cuarto de la luminancia. Obteniéndose distintos formatos de muestreo 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0 y 4:1:1 que se explican en la figura 42 [A3] .

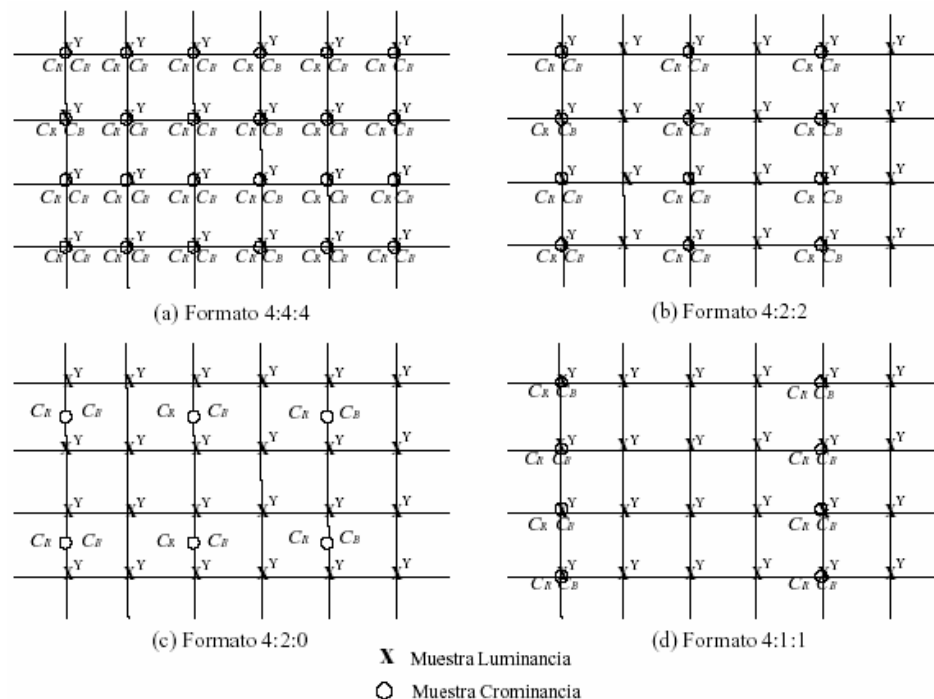


Figura 42. Formatos de muestreo de iluminancias y crominancias aprovechando la menor sensibilidad del ojo humano a los colores frente a la información de brillo.

- **Redundancia psicoacústica:** Parte de información de la señal es irrelevante desde el punto de vista perceptivo. Por ejemplo el oído presenta el fenómeno del enmascaramiento, de forma que un sonido fuerte hace imperceptible un sonido más débil cercano en el tiempo o en el espectro de frecuencia. Otro fenómeno que presenta el oído humano es la distinta sensibilidad dependiendo de la frecuencia, lo que es aprovechado por la técnica de codificación en sub-bandas que divide la señal en bandas de frecuencia y efectúa una compresión diferente en cada una de ellas de acuerdo a su importancia.
- **Redundancia por transformada:** Esta redundancia se hace visible tras transformar la información a otro dominio donde los datos están mucho más correlacionados que en el dominio espacial, de forma que la información se acumula en un pequeño número de muestras, hasta ese momento la información no sufre pérdidas. La transformación más habitual para la codificación de vídeo es la Transformada Discreta del Coseno, DCT, aunque también existen otras como la

Transformada de Karhunen Loeve (KLT), la Transformada Discreta de Fourier (DFT) y la Transformada de Walsh Hadamard (WHT).

- **Redundancia predictiva**
- **Redundancia por sub-bandas**
- **Redundancia vectorial**

El estándar de compresión puede usar uno o todos los factores de redundancia mencionados para alcanzar el nivel de compresión adecuado.

Un sistema de compresión consta de un codificador, que comprime la señal en el origen de transmisión y de un decodificador, que regenera y reproduce la señal en el destino de la comunicación [A3] .

Los sistemas de compresión pueden ser [A3] :

- **Asimétricos/simétricos**, dependiendo de si el codificador es más complejo y lento que el decodificador o si el coste de ambas operaciones es similar.
- **Con pérdidas/sin pérdidas**. Los primeros ofrecen mayores tasas de compresión y son adecuados para audio y vídeo, mientras que los segundos presentan tasas de compresión muy moderadas, siendo adecuados para ficheros de datos, imágenes médicas, etc.

En la figura 43 [A3] se muestran los estándares de compresión más habituales para el audio y el vídeo:

G.711	Codificación de audio a 64 Kbps
G.721	Codificación de audio a 32 Kbps
G.722	Codificación de audio a 48, 56 y 64 Kbps
G.723	Codificación de audio a 6,4 o 5,3 Kbps
G.726	Codificación de audio a 16, 24, 32 y 40 Kbps
G.728	Codificación de audio a 16 Kbps
JBIG	Joint Binary Image Group
JPEG	Joint Photographic Experts Group
M-JPEG	Motion Joint Photographic Experts Group
ITU H.261	Video Codec for audiovisual Services at px64 Kbps
MPEG-1	Moving Pictures Experts Group. Digital Storage Media up to 1,5 Mbps
MPEG-2	Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio
MPEG-4	Multiple bit-rate Audiovisual Coding up to 1024/64 Kbps for video/audio
MPEG-7	Multimedia Content Description Interface
ITU H.263	Expert Group on Very Low bit-rate Video Telephony
GA HDTV	Grand Alliance, FCC
DVB	Digital Video Broadcasting
H.264	ITU-T Rec. H.264/ISO/IEC 11496-10, "Advanced Video Coding"

Figura 43. Estándares de compresión de audio y vídeo.

e) Distribución de contenido multimedia en las redes.

Según lo visto hasta ahora los problemas para transmitir audio y vídeo por la red son la gran cantidad de bits que ocupa la información y la velocidad de transmisión variable que presentan. Lo anterior unido a la presencia de líneas de baja calidad y la pérdida de paquetes en las redes puede generar problemas en la transmisión del contenido multimedia.

No obstante el avance en los algoritmos de compresión de audio y vídeo, la mejora del ancho de banda de las redes junto con el desarrollo de nuevos protocolos de transmisión para las aplicaciones multimedia (RTP: Real Time Protocol, RTCP: Real Time Control Protocol y RTSP: Real Time Streaming Protocol) y el desarrollo de servidores streaming también específicos para la distribución del contenido audiovisual por las redes de datos, hace que los anteriores problemas casi se hayan olvidado, siempre que la infraestructura de la red utilizada tenga las prestaciones apropiadas [A3] .

El streaming es la tecnología para transmitir audio y vídeo en tiempo real a través de una red de datos IP [A3] .

La información se visualiza mediante aplicaciones de reproducción en navegadores, comenzando su reproducción según llega la información, sin necesidad de almacenarla localmente, aunque sí se utiliza un sistema de buffering para permitir la reproducción continua de la información. Las etapas de la emisión-recepción son la compresión, transmisión y buffering [A3] .

No se trata de una bajada (download) progresivo de la información si no que se puede interactuar con los datos multimedia, el protocolo RTSP permite implementar las funcionalidades típicas de VCR (Video Cassette Recorder), es decir, la parada, rebobinado, adelanto y reanudación de la reproducción. Asimismo se puede adaptar la calidad de emisión a las condiciones de la red a través del protocolo de control RTCP, que proporciona información sobre cómo se está produciendo la transmisión [A3] .

Las prestaciones básicas del streaming son [A3] :

- Posibilidad de suministrar contenidos en directo (conciertos, videoconferencia, etc).
- Acceso aleatorio a información audiovisual, de forma que se puede escoger el dato a visualizar.
- No se ocupa espacio en el disco duro del usuario final.
- Ocupación del ancho de banda necesario, sin retransmisión de paquetes en caso de pérdidas utilizando el protocolo base de transporte UDP.
- Soporta la difusión unicast y multitast, pudiendo enviarse la información a varios usuarios a la vez.

Los contenidos multimedia pueden distribuirse también mediante servidores web, no obstante este tipo de transmisión denominada “download” difiere del streaming en los aspectos indicados en la figura 44 [A3] .

	Streaming	Download
Servidor	Servidor Streaming	Servidor Web estándar
Protocolos de red	UDP/IP	TCP/IP
Prot. de aplicación	RTP/RTSP	HTTP
Pérdida paquetes	Aceptable	No Aceptable
Tiempos	Tiempo Real. Duración media entregado = original	Los paquetes pueden ser retransmitidos
Calidad del media	Pueden descartarse paq.	Alta calidad. No hay pérdida de paq
Conexión de usuario	Se adapta al AB de la conexión	Descarga sin tener en cuenta el ancho de banda de la conexión.
Reproducción	Inicio Inmediato	Inicio cuando descarga completa.
Medios necesarios	Proveedor de servicio (formato, múltiples bit rate)	Velocidad de conexión, espacio en HD, no soporta múltiples bit rate.
Almacenamiento	No necesario alm. local	Almacenamiento local en PC usuario
Funciones VCR	SI	NO
Tipos transmisión	Unicast, multicast	Unicast

Figura 44. Diferencias entre streaming y download.

Los problemas que se encuentra el servicio de streaming en la red, son la disponibilidad de ancho de banda, la variación de los retardos en la red y las pérdidas de paquetes. La red IP no garantiza que todos los paquetes lleguen al destino y además pueden seguir diferentes rutas, pudiendo ser el orden de llegada diferente al orden de salida [A3] .

Las soluciones que se han encontrado para minimizar los problemas anteriores y poder dar las prestaciones requeridas son la creación de protocolos específicos de transmisión streaming, la compresión y codificación de datos multimedia a menor velocidad que la conexión usada (gracias a los informes RTCP de congestión de red suministrados desde la estación cliente) y la utilización de redes que soporten la calidad de servicio (QoS), de forma que se pueda garantizar el ancho de banda necesario para las aplicaciones de streaming [A3] .

Según la forma de interactuar con el receptor de la información existen los siguientes tipos de streaming [A3] :

- En directo o live: El receptor solo puede ver la información cuando se está emitiendo y esta no está almacenada en el servidor. El receptor no puede interactuar con la emisión.
- Bajo demanda ó VOD (Video On Demand): El receptor decide cuándo ver la información que está almacenada en el servidor y puede interactuar con ella.

2.4.2 Fundamentos de la videoconferencia

La videoconferencia (VC) permite realizar reuniones entre dos o más grupos de personas separados geográficamente como si estuvieran reunidos en el mismo lugar físico. Todos los participantes pueden verse y oírse unos a otros, compartir imágenes, documentos, vídeos, etc, permitiendo todas las opciones de presentación y de intercambio de información que son posibles en una reunión cara a cara [A3] .

Las aplicaciones típicas de la videoconferencia son la celebración de todo tipo de reuniones (juntas directivas, ejecutivos, desarrollo de ingeniería, coordinación de proyectos

entre compañías) educación a distancia, diagnósticos médicos, comunicación de familiares que viven separados.

Las redes de datos por las que se transmite la información de la videoconferencia deben cumplir dos requisitos imprescindibles [A3] :

- Transmisión en tiempo real.
- Calidad de servicio, QoS

Asimismo la videoconferencia sobre redes de datos debe ser independiente de los tipos de redes interconectadas para lo que se incorporan equipos que permiten traducir protocolos y adaptar [A3] .

A continuación se verán los conceptos básicos de la videoconferencia en cuanto a organización, roles y equipamiento, así como los tipos existentes en función del número de participantes, la infraestructura básica necesaria y por último los estándares y tecnologías utilizados.

2.4.2.1 Organización, equipamiento básico y tipología.

La organización de una videoconferencia requiere una preparación previa que comprende los siguientes pasos [A3] :

- Prueba de conexión, que se debe realizar varios días antes de la celebración.
- Comprobación de última hora, unos 30 minutos antes, verificando la conectividad y la calidad de audio y vídeo.
- Elaboración de la agenda que debe contener un listado de todos los temas a tratar, teniendo en cuenta la duración de la videoconferencia. Esta agenda debe ser distribuida a todos los participantes, así como todos los documentos asociados.
- Preparación de la ayuda audiovisual. Es necesario revisar los elementos que intervienen en la videoconferencia como son los ordenadores, cámaras, etc.

Los roles de las distintas personas que intervienen en una videoconferencia son [A3] :

- **Responsable:** Debe controlar la interacción entre todos los lugares participantes y el tiempo de duración de la videoconferencia, así como lo que cada participante ve en sus monitores. También ejerce de coordinador de los facilitadores.
- **Facilitador:** Existe uno por cada lugar participante en la videoconferencia, debe encargarse de la reserva de la sala y también verificar que el equipamiento disponible es el adecuado para la correcta celebración de la reunión.
- **Participante:** Debe ajustarse a las normas que le indique el responsable de la videoconferencia, así como indicarle al facilitador los elementos que necesitará durante la realización de la misma, para que no exista ningún problema de integración.

Según el número de salas que se comuniquen la videoconferencia puede ser [A3] :

- **Punto a punto:** La comunicación se establece entre dos salas o lugares, que a su vez pueden tener un único participante o un grupo. Por ello, se dividen a su vez en uno a uno, uno a grupo y grupo a grupo.
- **Multipunto:** Existen al menos tres salas o lugares participando en la videoconferencia. Requiere el equipo de control denominado MCU.

El equipamiento básico para la celebración de una videoconferencia son cámaras, monitores, micrófonos, ordenadores, cámaras de documentos, equipamiento para conmutación de la comunicación (que dependerá del modo de trabajo elegido: activación por voz o presencia continua), codecs de audio/vídeo, equipos de traducción de protocolos y control de comunicación, así como equipos de conexión a red de datos y por supuesto la disponibilidad de una red de datos. Si la conferencia es entre más de dos participantes también será necesario un equipo denominado MCU (Multipoint Control Unit) [A3] .

En los siguientes apartados se verá con más detalle el tipo y funcionalidad de los equipos específicos de videoconferencia.

2.4.2.2 Estándares y tecnologías.

Existen numerosos estándares y tecnologías creados para el funcionamiento de la videoconferencia. Desde su nacimiento, la videoconferencia ha sido definida por un estándar, el H.320, sin embargo, en la actualidad han sido creados otros estándares ITU (International Telecommunication Union)[W31]:

- H.320: VC sobre RDSI/ISDN.
- H.321: VC sobre RDSI-BA y LANs ATM.
- H.322: VC sobre LANs con ancho de banda garantizado.
- H.323: VC sobre LANs.
- H.324: VC sobre RTB/POTS.
- H.310: VC sobre ATM utilizando MPEG-2 (estándar del ISO).

Todos ellos definen los codecs de audio, vídeo y datos utilizados, así como protocolos de control de la sesión.

En el gráfico de la figura 45 [W31] se puede apreciar las diferentes calidades de servicio que pueda dar cada uno de los estándares.

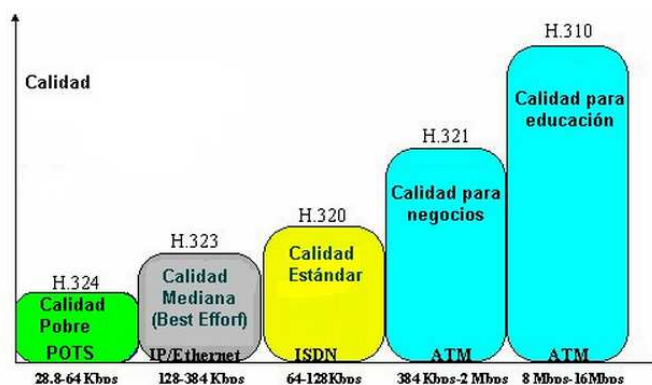


Figura 45. Calidades de los distintos estándares de Videoconferencia.

Recientemente se ha desarrollado el estándar H.350, que no supone un nuevo estándar completo de VC, si no que complementa al estándar H.32, H.320 y otros protocolos no estandarizados normalizando el modo por el que los sistemas almacenan los datos de direcciones. Este nuevo estándar permite a un usuario buscar y encontrar la dirección de vídeo o voz sobre IP de otro usuario, de igual modo que si estuviera buscando una dirección de correo electrónico o un número de teléfono. Gracias a esta normalización se facilita la compatibilidad entre equipos de diferentes fabricantes [W60] .

El estándar más extendido actualmente es el H.323 que, en redes con calidad de servicio, presenta mejores prestaciones que las indicadas en el gráfico anterior.

A parte de los anteriores estándares ITU, existe otro protocolo ampliamente aceptado, SIP (Session Initiation Protocol. Es un protocolo de señalización simple utilizado para telefonía y videoconferencia por Internet, está estandarizado por el IETF (Internet Engineering Task Force) los documentos RFC 2543 y en la RFC 3261. Está basado en el protocolo de transporte de correo simple (SMTP) y en el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP). SIP especifica procedimientos para telefonía, videoconferencia y otras conexiones multimedia sobre internet.

En los siguientes apartados se verán los aspectos fundamentales de los dos estándares más importantes de videoconferencia, H.323 y SIP.

2.4.2.3 Estándar H.323

El estándar H.323, en realidad es una familia de estándares definidos por el ITU en 1996 a partir de la norma H.320, para las comunicaciones multimedia sobre las LANs que no ofrecen calidad de servicio, interconectadas con protocolos IP. Posteriores revisiones del estándar habilitaron su expansión a redes de área amplia como Internet y mejoraron ciertas deficiencias del diseño inicial. H.323 es el estándar que cuenta actualmente con más difusión en el ámbito de la telefonía IP. Actualmente la última versión es la 7, publicada en 2009.

La arquitectura de H.323 define todo lo necesario (componentes, protocolos, señalización, codecs...etc) para llevar a cabo la comunicación y garantizar así la compatibilidad entre dispositivos.

H.323 consta de una serie de protocolos de control [A3] :

- Control de llamadas H.225 (setup). Se usa para establecer la llamada entre dos terminales y negociar la capacidad de los mismos, sobre el protocolo de transporte TCP.
- Señalización H.225 RAS (Registro, Admisión y Señalización). Usado para el control de llamadas sobre el protocolo de transporte UDP.
- Control de transporte H.245. Maneja los mensajes de control de la videoconferencia extremo a extremo entre entidades H.323. Establece los canales lógicos para la transmisión de audio, vídeo, datos e información de control. Negocia el uso del canal y sus funcionalidades.
- RTP/RTCP para el transporte de contenido multimedia.

Y una serie de codecs [A3] :

- Audio: G.711, G.722, G.723, G.728 y G.729.
- Vídeo: H.261, H.263, H.264.
- Datos: T.120 como protocolo de datos para conferencia multimedia, permitiendo pizarra compartida, aplicaciones y transferencia de ficheros.

Dependiendo de los requerimientos de cada tipo de información intercambiada, se utilizará un protocolo de transporte diferente, TCP (Transport control Protocol) para datos e información de control en los que se debe garantizar la entrega (datos, control de llamada y control de transporte) y UDP para el contenido multimedia y cierta información de control (señalización H.225 RAS) donde prima la rapidez en la transmisión [A3] .

En la figura 46 [A3] se puede ver un diagrama de bloques de los protocolos empleados y los flujos de información para el estándar H.323.

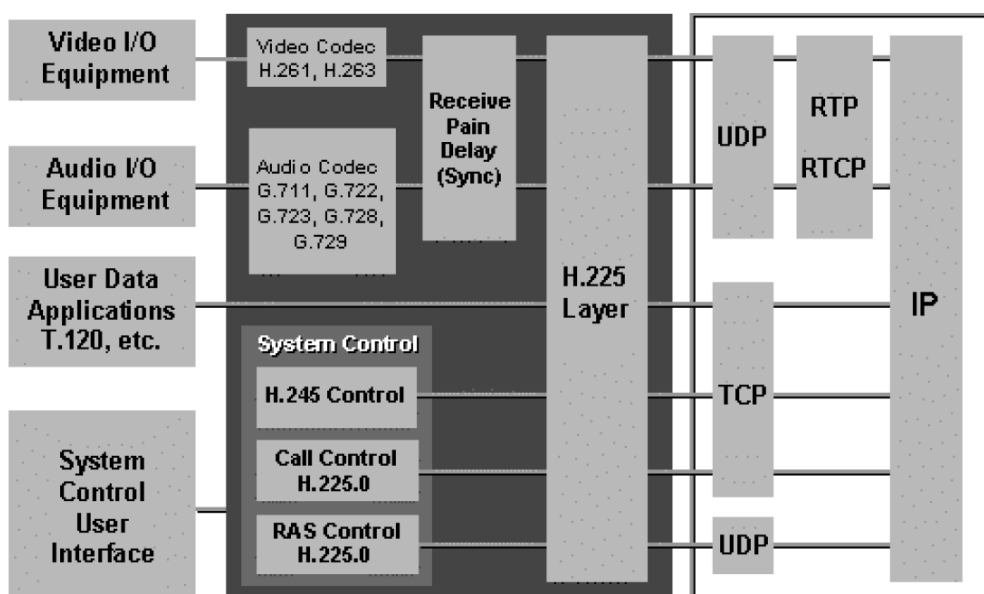


Figura 46. Diagrama de bloques y flujos de información en estándar H.323.

Las redes basadas en H.323 constan de cuatro tipos de dispositivos [A3] :

a) Terminales

Son los clientes conectados a la red que permiten establecer conferencias bidireccionales de audio y, opcionalmente, vídeo y datos.

Cada terminal H.323 debe soportar obligatoriamente:

- Codecs de audio: obligatorio G.711, opcionales G.722, G.723 (recomendable), G.728 y G.729,
- RTP/RTCP
- H.225 y H.245

Opcionalmente cada terminal podrá soportar:

- Codecs de vídeo: El soporte de vídeo no es imprescindible, aunque de existir, debe soportar al menos el códec H.261. y opcionalmente H.263 y H.264.
- Codecs de datos: T.120

Otras funcionalidades que opcionalmente puede incluir un terminal son las indicadas en el protocolo T.120 (transferencia de ficheros y pizarra electrónica compartida, entre otras).

b) Gateway

Un gateway permite conectar una red H.323 con otra red no H.323, como las redes telefónicas basadas en conmutación de circuito (RTB ó POTS). Sus dos funciones básicas son las de traducir los distintos protocolos de establecimiento y fin de llamada empleados por las distintas redes, y realizar la conversión de formatos de audio/vídeo necesarias .

c) Gatekeeper

Los gatekeepers se pueden considerar el punto central en la topología de una red H.323 y definen el concepto de zona H.323: Una zona es un conjunto de MCUs, gateways y terminales gestionados principalmente por un único gatekeeper; no obstante, en una zona pueden existir gatekeepers secundarios por si el gatekeeper primario fallara.

Los gatekeepers no son necesarios para llamadas entre terminales H.323 dentro de una misma red, aunque sí lo son cuando se desea compatibilidad con las redes de telefonía. Es conveniente el uso de gatekeepers, puesto que proporcionan:

- Control del ancho de banda disponible en la red H.323, con el que el administrador puede limitar el número de conexiones simultáneas y así evitar problemas de congestión en la red que puedan reducir la calidad del servicio.
- Traducción de direcciones. Conversión de números de teléfono estándar (E164) y direcciones nativas H.323 a direcciones IP finales. Esta funcionalidad es imprescindible cuando se pretende establecer comunicación (a través de un gateway) con la red telefónica tradicional.
- Control de admisión de gateways y terminales en una zona H.323, gestionada a través de mensajes H.225 RAS.
- Gestión de los elementos (terminales, gateways y MCUs) pertenecientes a la zona, controlando los procesos de acceso de los terminales.
- Opcionalmente, un gatekeeper puede ofrecer la señalización indirecta de llamadas entre terminales H.323 (enrutada a través del gatekeeper), restringir las llamadas que se pueden realizar, e incluso mantener una lista de las llamadas en espera.

d) MCU

La MCU o unidad multipunto es un punto final encargado de dar soporte a las conferencias entre tres o más puntos finales H.323. Una MCU consta de un controlador multipunto (MC) y uno o más procesadores multipunto (MP).

Los MCs, que también pueden encontrarse integrados en terminales, gateways o gatekeepers, se encargan de transmitir información de los códecs soportados por los distintos terminales para poder así negociar los códecs de audio y vídeo utilizados durante la conferencia.

Los MPs, por su parte, distribuyen los flujos de audio / datos / vídeo entre los distintos terminales que participan en una multiconferencia.

2.4.2.4 Protocolo SIP

El borrador del protocolo SIP fue creado en 1996 por Mark Handley y Henning Schulzrinne y ha sido estandarizado por la IETF (Internet Engineering Task Force) en el RFC 2543 de 1999 y en el RFC 3261 de 2002. Es un protocolo de señalización para el establecimiento, mantenimiento y terminación de sesiones interactivas entre usuarios; estas sesiones pueden tratarse de conferencias multimedia, chat, sesiones de voz o distribución de contenidos multimedia [W30].

Es un protocolo de la capa ISO/OSI de aplicación, independiente de los protocolos de paquetes subyacentes (TCP, UDP, ATM, etc). Está basada en una arquitectura cliente-servidor en la cual los clientes inician las llamadas y los servidores responden las llamadas. SIP es un protocolo abierto basado en estándares, ampliamente soportado y no dependiente de un solo fabricante de equipos [W30].

Las características más atractivas de SIP son su escalabilidad, modularidad y comodidad con la que se integra con otras aplicaciones [W30].

SIP no define por sí mismo un sistema de comunicaciones, permite establecer sesiones, limitándose a ofrecer una serie de primitivas que las aplicaciones pueden utilizar. Estas sesiones pueden contener audio, vídeo o datos. SIP solo maneja el establecimiento, manejo y terminación de sesiones. Para el transporte de datos se utilizan otros protocolos como RTP/RTCP [W30].

Las funciones que ofrece SIP son [W30]:

- Redirección de llamadas
- Resolución de direcciones.
- Determinar la disponibilidad y capacidad de los terminales.
- Establecer llamadas punto a punto o Multipunto

Para poder determinar la capacidad de los terminales el protocolo SIP se vale de otro protocolo, el SDP (Session Description Protocol), que es el protocolo empleado para describir una sesión multimedia, que consiste en un conjunto de flujos de medios (audio, vídeo o datos) que existen durante un determinado tiempo. Los paquetes SDP contienen, entre otros campos, información acerca del ancho de banda, los protocolos de transporte empleados, los códecs utilizados en la sesión, y la dirección de contacto del terminal que ha iniciado la sesión [W30].

El protocolo SIP puede establecer sesiones entre dos terminales, llamadas ordinarias, de múltiples partes, en las que todos pueden oír y hablar, y de multidifusión, en las que hay un único emisor y varios receptores [W30].

El protocolo SIP define cinco componentes lógicos. Estos componentes se pueden implementar en dispositivos físicos, tal como teléfonos IP, o bien como aplicaciones software; en cualquier caso un mismo dispositivo físico puede incluir uno o más componentes lógicos. Todos los elementos SIP deben implementar obligatoriamente TCP y UDP. En ambos protocolos escucha en el puerto 5060. Los componentes del protocolo SIP son [W30]:

a) Agente Usuario (UA)

Un agente usuario es un terminal o endpoint SIP, el cual realiza y recibe llamadas SIP. Existe dos tipos de agentes usuario:

- Cliente Agente Usuario (UAC): Es el que inicia peticiones de llamadas SIP.
- Servidor Agente Usuario (UAS): Es el que recibe las peticiones del UAC y retorna una respuesta al usuario.

b) Servidor de redirecciones

Acepta una petición SIP y envía una respuesta al cliente que contiene las direcciones de los servidores con los que debe contactar el cliente.

c) Servidor proxy

Puede actuar como servidor y como cliente, enviando y respondiendo peticiones. Actúa como un intermediario que realiza peticiones en nombre de otros clientes: para ello interpreta la cabecera del mensaje y la reescribe identificando al proxy como el que inicia la solicitud, recibe la respuesta del destinatario y se la reenvía al cliente. La petición puede atravesar muchos servidores proxy antes de alcanzar su destino, la respuesta atraviesa la red en el orden inverso.

d) Servidor de Registro

Almacena en una base de datos la información de contacto del usuario que realiza la petición, es decir, de los el UACs.

e) Back To Back user Agente (B2BUA)

Una entidad que recibe una petición INVITE y la procesa como un servidor usuario-agente (UAS). Para determinar la respuesta a la petición, actúa como un cliente usuario-agente que determina cómo responder a la petición y cómo realizar llamadas salientes. A diferencia de un proxy, un B2BUA debe mantener el estado de la llamada y participar activamente en ella, enviando peticiones y respuestas. Un B2BUA tiene un mayor control de la llamada que un proxy.

2.4.2.5 H.323 vs SIP

Tanto SIP como H.323 son estándares para el encaminamiento y señalización de llamadas, así como el intercambio de capacidades, control de medios y servicios adicionales [W29].

La fortaleza de H.323 reside en su interoperabilidad con las redes telefónicas conmutadas por paquetes (RTB, POTS, PSTN). Su posible desventaja es que al ser un estándar, grande, complejo y rígido será difícil adaptarlo a futuras aplicaciones [W29].

SIP es un protocolo desarrollado específicamente para internet con una alta sencillez, escalabilidad y flexibilidad, con la ventaja de que se puede utilizar desde casi cualquier ordenador conectado a la red, sin tener que realizar ningún cambio en la configuración de los equipos de red intermedios [W29].

En principio puede parecer que la tendencia es que SIP gane terreno a H.323 por su sencillez y flexibilidad, no obstante el futuro no es claro, ya que existen muchas otras variables difíciles de analizar cómo son las estrategias de mercado, la aceptación del usuario, desarrollo de la tecnología, etc [W29].

2.5 Sistemas de iluminación

En el presente apartado se verán los aspectos básicos relativos a los sistemas de iluminación de auditorios, comenzando con la definición de las magnitudes fotométricas básicas, los componentes de un proyector y los distintos tipos de lámparas. Después se verán los tipos de proyectores dependiendo de la funcionalidad y tipo de luz, también se verán los distintos tipos de iluminación que se obtienen en función del emplazamiento de los proyectores y por último las bases del control de iluminación.

2.5.1 Magnitudes fotométricas

A continuación se recordarán las magnitudes fotométricas básicas [A3] :

- **Flujo luminoso:** Es la cantidad de energía luminosa emitida por una fuente de luz por unidad de tiempo, es decir, potencia luminosa. Su unidad es el W- luz. Sin embargo, como lo que importa es conocer el efecto sobre el ojo humano, también se define como unidad el lumen (**lm**), siendo la equivalencia 1 W-luz a 555 nm = 683 lm.
- **Intensidad luminosa:** Es la radiación luminosa de una fuente en una dirección dada, es decir, el flujo luminoso emitido por una unidad de ángulo sólido o estereorradián. Se representa por I y su unidad de medida es la candela (cd); **1 cd = 1 lm/sr**.
- **Iluminación o iluminancia:** Es el flujo luminoso medido sobre un elemento de superficie determinado. Se mide en luxes, de forma que **1 lux=1 lm/m²**.

- **Brillo o luminancia:** Es la intensidad luminosa emitida, reflejada o transmitida por una unidad de superficie y percibida en un punto, el ojo humano. Se mide en **cd/m²**.

La **cantidad de luz** de una fuente luminosa es la sensación de brillo que percibe el ojo humano y se mide mediante un fotómetro o luxómetro. Ambos equipos miden la cantidad de luz, utilizando distintas escalas, el luxómetro mide en luxes y se suele utilizar para medir la luz ambiente en una oficina, museo, etc. El fotómetro se utiliza en fotografía y mide la cantidad de luz dando los valores que servirán para configurar la cámara apertura de diafragma y tiempo de exposición del obturador o velocidad para una determinada sensibilidad ISO [W33].

Para la medida de la cantidad de luz con un fotómetro existen dos métodos de medida [W33]:

- Método de luz incidente, en el que el fotómetro se ubica en la posición del sujeto a iluminar apuntando hacia el objetivo de la cámara.
- Método de luz reflejada, normalmente utilizado para exteriores-día, en el que el fotómetro se coloca junto a la cámara y se dirige hacia la escena, recogiendo la luz reflejada.

En cambio la **calidad de la luz** se refiere a la riqueza cromática de la fuente luminosa, determinada por la distribución del flujo radiante dentro del espectro visible. Se mide en grados Kelvin (K), de forma que la luz del día teóricamente perfecta se sitúa en 5.500 K. Para días nublados, la temperatura del color sube hasta los 12.000 K, se produce una dominancia del azul, mientras que en el interior de una casa con iluminación artificial esa temperatura baja a unos 2.500 K, con una dominancia del rojo [L6]. En la figura 47 [W32] se puede ver la temperatura de color del espectro visible.

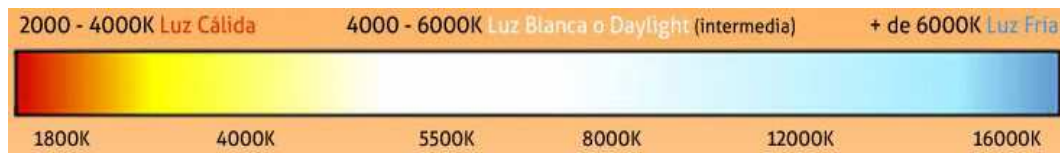


Figura 47. Temperatura de color del espectro visible.

La medida de la calidad de la luz se conoce a través de las curvas de energía cromática suministradas por el fabricante o midiendo su **temperatura de color** mediante un equipo denominado colorímetro. Normalmente un mismo equipo incorpora las funciones de medida de la cantidad y calidad de la luz [L6].

Otro parámetro para medir la calidad de la luz es el **Índice de Reproducción Cromática (IRC)** que mide la capacidad de una fuente luminosa tiene para reproducir fielmente los colores en comparación con una fuente de luz natural o ideal de referencia. El índice de rendimiento en color máximo es igual a 100, empeorando según disminuye el valor. La norma DIN 5035- Parte 2 divide los distintos niveles de rendimiento en color en 5 categorías [L6].

- 1A Ra desde 100 a 91
- 1B Ra desde 90 a 81
- 2A Ra desde 80 a 71
- 2B Ra desde 70 a 61
- 3 Ra desde 60

2.5.2 Componentes de un proyector.

En la figura 48 [A3] se pueden ver las distintas partes de un proyector que se describirán a continuación [A3] [W38] .

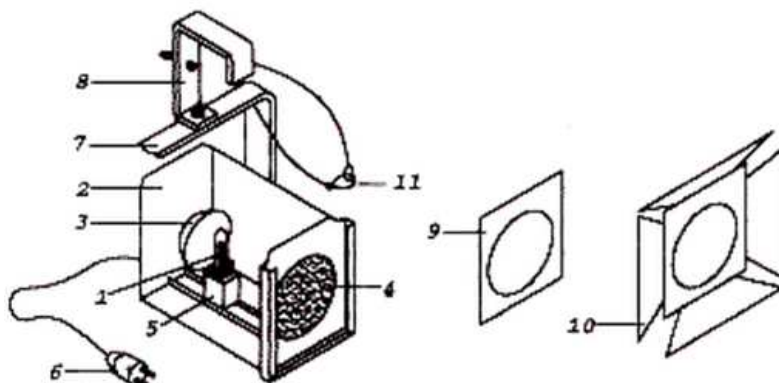


Figura 48. Componentes de un proyector.

La parte fundamental de un proyector es la lámpara (1), no obstante consta de más elementos que en conjunto consiguen la funcionalidad requerida, los más importantes junto con la lámpara son el reflector (3) y la lente (4).

El **reflector**, se sitúa detrás de la lámpara y sirve para redirigir los haces de luz que emite la lámpara hacia atrás enviándolos hacia el frente, los tres tipos básicos de reflectores que encontraremos en los proyectores son elipsoidal esférico y parabólico, mostrados en la figura 49 [W33].

El proyector elipsoidal ayuda a orientar la luz más fácilmente hacia las lentes, es el típicamente usado en la gran mayoría de proyectores.

Los reflectores parabólicos crean una iluminación más difusa, con todos los rayos reflejados paralelos entre sí. Su forma ayuda a incrementar la intensidad luminosa en una zona y decrementarla en otra, realizando un degradado de la iluminación y la mayor difusión de esta.



Figura 49. Tipos de reflectores.

La lente permite controlar las características del haz de luz, el tipo de lentes instaladas en los focos son lentes convergentes, que hacen converger en un punto denominado foco, cualquier haz de rayos paralelos que incidan sobre ellas [W33]. Las más utilizadas son la lente plano convexa y la lente Fresnel.

La lente plano convexa presenta su cara interior plana, mientras que la externa adquiere una curvatura convexa. Esto hace que el haz de luz sea de bordes muy definidos, por lo que es el más utilizado en escenografía.

La lente Fresnel es una evolución de la lente plano convexa de forma que ocupa menos espacio y disminuye su peso. Esto se consigue rebajando la lente plano convexa con cortes en anillos circulares concéntricos consecutivos de forma que se mantiene la curvatura convexa pero la lente es prácticamente plana [W37] [W38]. En la figura 50 [W38] se muestra la particularidad de la lente Fresnel.

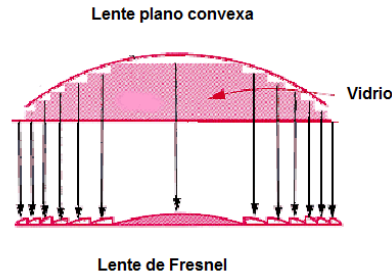


Figura 50. Formación de la lente Fresnel a partir de la lente plano convexa.

A parte están el resto de componentes auxiliares como la caja (2) que es el soporte metálico con sistema de ventilación que aloja todos los elementos internos, el casquillo (5) que sirve de soporte de la lámpara dentro del proyector, la lira (7) y la garra (8) que son el soporte donde se monta el proyector y el gancho fijado a este para colgar el proyector sobre las barras o estructuras denominadas truss. También es importante el cable de seguridad, de acero o cadena con mosquetón que une la lira con la estructura que sostiene al foco (11).

Otros accesorios de los proyectores son las viseras y banderas (10) que son láminas que sirven para evitar que la luz incida sobre ciertas áreas. Las viseras son láminas planas de metal colocadas en los lados de la lámpara, creando un borde suave en el “corte de la luz”. En cambio las banderas o aletas son cualquier material opaco que pueda bloquear la luz, normalmente se colocan en un trípode o se enganchan en los extremos de las viseras, cuanto más alejadas de la fuente de luz más definido será el corte.

Por último los portafiltros (9) que suelen formar parte de las viseras, se insertan en el frente de la lámpara conteniendo diferentes elementos para realizar distintas funciones: filtros o rejillas para reducir la intensidad de la luz, difusores para suavizar la luz o gelatinas de color para alterar la temperatura cromática de la luz.

2.5.3 Tipos de lámparas

Los tipos genéricos básicos de lámparas son las incandescentes y las lámparas de descarga, siendo distinto su principio de funcionamiento.

Las lámparas **incandescentes** producen luz mediante el calentamiento eléctrico de un alambre o filamento de tungsteno, hasta una temperatura tan alta que la radiación emitida cae en la región visible del espectro, la luz que se obtiene es cálida y amarillenta. Las lámparas halógenas son un tipo de lámpara incandescente a la que se añade un gas de la familia de los halógenos para evitar el ennegrecimiento de la ampolla por la evaporación de las partículas de tungsteno y la posterior condensación en las paredes de la ampolla. La temperatura que alcanzan estas lámparas es mayor que la de las incandescentes y su luz es más blanca e intensa, que posibilita una mejor reproducción de los colores [L6].

Las lámparas de **descarga**, producen la luz por una descarga eléctrica en arco mantenida en un gas entre dos electrodos. Algunas veces se utilizan en combinación con la luminiscencia de compuestos de fósforo excitados por la radiación generada en la descarga, es el caso de las llamadas lámparas fluorescentes. Necesitan de dos elementos auxiliares para funcionar el cebador que es el sistema de encendido para iniciar la descarga y el balasto para limitar la corriente que atraviesa la lámpara. Las lámparas de descarga son más eficaces en cuanto a la cantidad de luz que proporcionan. Existen muchos tipos de lámparas de descarga, se suelen clasificar en baja presión (fluorescentes tubulares y sodio a baja presión) y alta presión (mercurio alta presión, halogenuros metálicos, luz mezcla, sodio alta presión) [L6].

También hay que hablar de las lámparas **LED**. El LED (Light Emitting Diode) es un diodo emisor de luz, un dispositivo semiconductor que emite luz cuando circula por la corriente eléctrica; es un proyector electroluminiscente que emite luz mediante la recombinación de los pares de portadores de carga de un semiconductor. La luz no se genera a través de un filamento incandescente sino por electroluminiscencia. Esto significa que se liberan fotones (luz) debido a electrones que cambian de nivel de energía durante su desplazamiento por el material semiconductor. Los LEDs presentan muchas ventajas frente a las lámparas convencionales, las más importantes son:

- Elevada resistencia física.
- Larga vida útil: Hasta 100.000 horas de vida útil comparado con 8000 horas de una lámpara convencional
- Elevada eficiencia de conversión de la electricidad entrante hacia la energía luminosa: mientras el rendimiento energético de una bombilla de tungsteno es del 10%, los diodos LED aprovechan hasta el 90%.
- Si algún LED se rompe es posible reemplazarlo
- Capacidad de emitir distintos colores combinando los colores básicos RGB.
- Emiten menos calor.
- Bajo tiempo de respuesta: su velocidad de transmisión permite utilizarlos en los displays alfanuméricos o en paneles de efectos con movimiento.

Su uso se va generalizando cada vez más en espectáculos, sobre todo por la versatilidad que ofrecen en el uso de los colores y la capacidad de programación de escenas con continuo cambio que se puede implementar debido a la rápida respuesta que presentan los LEDs. No obstante es una tecnología cuyo coste resulta todavía algo elevado y que aún sigue en evolución, por tanto no suele constituir la base de un sistema de iluminación, que se sigue realizando con lámparas incandescentes y de descarga.

En el caso particular que nos ocupa de lámparas para proyectores, las que se montan habitualmente son [W34] :

- a) **Lámparas de Cuarzo**. Son lámparas incandescentes de tungsteno-halógeno cuyo rango de potencia oscila entre los 500 y los 2000W. Se calientan a altas temperaturas, por lo cual la ventilación es un factor determinante en su diseño.

Cuando las lámparas de tungsteno-halógeno se atenúan (dimerizan) la temperatura de color se torna más rojiza, lo cual puede crear problemas aparentes en la percepción del color.

- b) **Luces HMI (Hydrargyrum Medium Arc-length Iodide)**. Es un tipo de lámpara de descarga de vapor de mercurio de alta presión a la que se añaden aditivos, halogenuros metálicos, para mejorar la eficacia y el rendimiento de color. Emiten una luz muy intensa de la misma temperatura de color del sol.

HMI es un nombre registrado del fabricante Osram derivado de Mercurio (HG), Arco Medio y Yoduro. MSR es un nombre registrado de Philips que representa Elementos Raros de Fuente Media. Las lámparas HMI y MSR son fabricadas de 125W a 18.000W. Otras configuraciones de lámparas de halogenuros metálicos son HMP, HTI, HSR, y HSD.

Las luces HMI son mucho más eficientes (entre 3 y 4 veces más) que las de tungsteno-halógeno y generan mucho menos calor. Además proporcionan una calidad de luz cercana a la de la luz diurna con temperaturas de color de 5600-6000° K y un ICR de 95. Asimismo el valor de luminancia es veinte veces mayor que la incandescente, llevando a la lámpara muy cerca del ideal de una fuente de luz de punto.

Las posibles desventajas de las luces HMI son los tiempos de encendido y algunas limitaciones en la capacidad de regulación.

El ciclo de calentamiento tras el encendido es de uno a dos minutos, durante ese tiempo la lámpara alcanza su intensidad total. No sólo son problemáticos los encendidos en frío, el tiempo necesario para reencender una lámpara de descarga es de 10 a 90 segundos después de que haber sido apagada. Durante este período podría haber lo que es conocido como vacíos o huecos de ignición donde la lámpara no se reencenderá.

Aunque la fuente HMI no puede tener dimming completo electrónicamente, la utilización de cortinas ó shutters mecánicos o dowsers con control DMX, para producir el blackout, ofrece resultados aceptables para la mayoría de las aplicaciones que requieren dimming. El uso de balastos electrónicos permite la regulación de la lámpara desde potencia máxima hasta 50% del nivel de potencia. Debiéndose tener en cuenta que cuando se realiza dimming en este tipo de focos, la lámpara se vuelve más fría.

2.5.4 Tipos de proyectores

Previamente a ver la clasificación de los proyectores se verá el concepto de coherencia de la luz, que mide la dureza o la suavidad de la luz [W33].

La **luz dura** es aquella emitida directamente desde una fuente concentrada, dando a la luz una apariencia dura, vigorosa y cortante. La luz dura crea una sombra claramente definida, al hacer notar la textura de los cuerpos.

La **luz suave** o **difusa** tiene el efecto opuesto de la luz dura, especialmente cuando los ángulos de iluminación están controlados. La luz suave tiende a esconder detalles en las superficies, por ello al efecto que se consigue se lo denomina iluminación plana.

Existen distintos tipos de proyectores según el tipo de función que realizan [A3] [W38] :

a) Proyectores de luz suave.

Su misión es dar luz de relleno y conseguir una buena iluminación de fondos. Para que sea efectiva y no genere sombras la fuente debe tener una emisión luminosa que cubra un área varias veces superior al tamaño del sujeto a iluminar.

Para iluminaciones generales se utilizan los **softlight**, con grandes reflectores y lámparas longitudinales halógenas o HMI, que pueden llegar a potencias de hasta 8 kW. Para iluminaciones más económicas y puntuales, se utilizan los **scoope** o **flood**, con lámparas de tungsteno de ampolla blanca que proporcionan unos gradientes de luz suaves. La potencia de estos focos suele ser baja, entre 250 y 1000 W. En la figura 51[W38] se muestran ambos tipos de proyectores.



Figura 51. Ejemplos de proyectores softlight (izqda.) y flood (dcha).

Para este tipo de iluminación suave también se utilizan los **proyectores de panorama**, mostrados en la figura 52 [W38] . Están compuestos por un reflector normal o parabólico y una carcasa muy abierta que no cuenta con lente. Lo que proporciona un haz de luz muy abierto. Se usa para iluminación general y especialmente para iluminación de fondo o cicloramas, difundiéndolos en grupos distribuidos por la zona inferior y/o superior. También se les llama proyectores asimétricos porque pueden tener la lámpara ubicada en la parte inferior o superior del foco para produciendo el ángulo adecuado para iluminar fondos y grandes superficies planas, de esta forma al ponerlo en el suelo o colgarlo de una barra iluminará uniformemente.



Figura 52. Panoramas de suelo (izqda.) y colgados (dcha.).

Por último, se verán los focos de cuarzo que también se utilizan para iluminación general, tanto en luz directa como reflejado. Se definen así los focos que usan lámparas halógenas, puesto que la ampolla de la lámpara está fabricada con este material. Montados con un reflector parabólico, sin lente, proporcionan un haz de luz muy amplio, que puede delimitarse mediante viseras de aletas. Si bien la luz generada es bastante dura,

se puede suavizar con gasas o difusores. En la figura 53 [W38] se pueden ver varios tipos. Se encuentran con una gama de potencias entre 250 y 2000W.



Figura 53. Proyector de Cuarzo.

b) Projectores de luz concentrada

Son proyectores de haz enfocable que combinan una lente y un espejo parabólico para dirigir la luz en forma de un haz estrecho. Se utilizan en exteriores y en estudios con espacios limitados de decorados.

Existen varios tipos, aunque los más utilizados son los **proyectores Fresnel** que toman su nombre de las lentes que dirigen la luz. Son proyectores de haz concentrado, aunque los bordes del haz principal se muestran más suaves. Pueden utilizar lámparas halógenas o HMI, de entre 300 y 20.000 W, de forma que el abanico de potencias y tamaños es muy amplio. Asociado a la lámpara, aparece un reflector parabólico desplazable longitudinalmente para definir la apertura del haz luminoso entre unos 7° y 50°.

También son proyectores de luz concentrada los **proyectores planoconvexos** ó PC, reciben este nombre por la forma de su lente. Sobre la base de un foco de cuarzo, de entre 250 y 3.200 W. El resultado es un proyector PC, que crea una luz dirigida, con bordes duros, y que servirá para resaltar figuras sobre la iluminación general. La apertura del haz puede controlarse variando la distancia entre la lámpara y el reflector, consiguiéndose haces de entre 5° y 60° aproximadamente.

La diferencia fundamental entre el foco Fresnel y el plano convexo es que el Fresnel tiene un haz de luz de bordes difusos, lo que permite la unión de dos haces de luz distintos en el escenario y la ausencia de círculos de luz dibujados por el foco. En la figura 54 [W38] se pueden ver fotos de los dos tipos de proyectores.



Figura 54. Proyector Fresnel (izqda) y proyector plano convexo (dcha).

Otros proyectores que permiten dar una luz concentrada son los focos **PAR** (Parabolic Aluminized Reflector). En realidad el término PAR se refiere a la lámpara compacta compuesta por 3 elementos: reflector parabólico de aluminio, lámpara halógena y cristal difusor. Se trata de una familia de proyectores, de varios tamaños, que usan una lámpara de incandescencia o halógena de hasta 1 kW, encerrada en un reflector PAR precintado. Esto hace que la lámpara, en realidad, forme un proyector completo, sirviéndose de una carcasa exterior denominada bote, únicamente para soportar el conjunto. En la figura 55 [W38] se muestran el bote y la lámpara. Cuanto mayor es la longitud del bote, más concentrado es el haz que proporciona, que, en cualquier caso, tiene un borde suave. Se usa cuando se quiere iluminar una zona con un color muy brillante y concentrado, no permite ningún control sobre el ángulo ni sobre el contorno del haz de luz, siempre va a dar la misma intensidad de luz.



Figura 55. Proyectores PAR y lámparas compactas PAR.

c) Proyectores de efectos

Son proyectores de luz dura; se utilizan cuando se necesitan proyectar figuras de luz en áreas muy precisas con bordes suaves o recortados. También se utilizan para proyectar sombras.

Los **proyectores de recorte** se utilizan cuando se quiere un haz de luz muy concentrado, con los bordes claramente marcados. Al conjunto lámpara (HMI o halógena) y reflector se le añade un diafragma, que permite abrir el haz en la medida que interese. Además, incorpora un grupo de lentes de enfoque, las cuales proyectan imágenes procedentes de plantillas troqueladas llamadas gobos, son placas de metal o vidrio insertadas en el punto focal interno entre la lámpara y la lente. En la figura 56 [W38] se muestra un proyector de recorte y distintos tipos de gobos.



Figura 56. Proyector de Recorte y distintos tipos de gobos.

En este apartado también se incluyen los proyectores robotizados de espejo móvil y de cabeza móvil, mostrados en la figura 57 [W38] que permiten un mayor control de la dirección de enfoque del haz, su apertura, por supuesto su intensidad y efectos. Todo ello a través del protocolo de control de iluminación DMX, del que se hablará en apartado posterior. Los **proyectores robotizados de espejo móvil** emplean una lámpara de descarga, entre 150W y 575 W, un reflector y lentes de enfoque; aunque la diferencia fundamental es la asociación de un obturador, un selector de colores, un generador de gobos y un posicionador del haz controlados de forma remota. El **proyector de cabeza móvil** está compuesto por un foco halógeno o de descarga de entre 200W y 1000W, montado sobre un sistema móvil que permite el giro en el eje horizontal (pan) y en el vertical (tilt). Además de orientar el haz luminoso, se puede ajustar su apertura a través del obturador incorporado, cambiar su color, incorporarle gobos y, naturalmente, variar la intensidad luminosa.



Figura 57. Proyectores robotizados, de espejo móvil (izqda.) y de cabeza móvil (dcha.).

d) Proyectores de seguimiento

Están diseñados para iluminar el motivo principal de la escena a larga distancia. Su potencia luminosa es muy grande. Son similares a los proyectores de recorte en los que el diafragma se encarga de concentrar el haz, pudiéndose obtener aberturas de entre 2° y 15°. En la figura 58 [W38] se muestra un cañón de seguimiento.



Figura 58. Cañón de Seguimiento.

2.5.5 Emplazamiento de los proyectores

El tipo de iluminación según la ubicación de los proyectores se clasifica en [A3] [W35] :

- Luz frontal: la fuente luminosa se coloca de frente en el eje del objetivo; tiene un ángulo con respecto al objeto iluminado de no más de 75° en el plano horizontal.
- Luz lateral: es la luz que produce el máximo relieve y contorno del área iluminada.
- Contraluz: es la luz que nos ayuda a separar el sujeto del fondo.

- Luz de fondo: ilumina la parte que queda detrás del sujeto. Debe equilibrarse con la luz principal y con el contraluz.
- Luz de ojos: se hace incidir sobre los ojos del sujeto para que le brillen y no queden tristes. No puede aplicarse si el sujeto está en movimiento.
- Luz de relleno: suaviza las sombras producidas por la luz principal.

2.5.6 Control de iluminación

Si se quiere dosificar la luz y sus efectos escénicos, aparte de utilizar las funcionalidades presentes en los proyectores y sus accesorios: filtros o rejillas, aletas, utilizar la capacidad de enfoque de los proyectores de haz concentrado como los focos Fresnel o plano convexos, etc, se hace necesario ampliar las capacidades de control de la intensidad luminosa.

Para regular la intensidad luminosa se utiliza el **dimmer o regulador**, que es un circuito que toma la corriente alterna senoidal de la red y la aplica sobre un dispositivo semiconductor de la familia de los tiristores denominado **triac** (triodo de corriente alterna), este funciona como un interruptor electrónico, dejando pasar la señal durante un tiempo y bloqueándola en el resto de cada ciclo. Este sistema de regulación recibe el nombre de corte de fase, puesto que la señal que se aplica a los focos contiene solamente una parte de la fase de la onda original [W38] . En la figura 59 [W38] se puede observar una señal recortada tras el uso del dimmer.

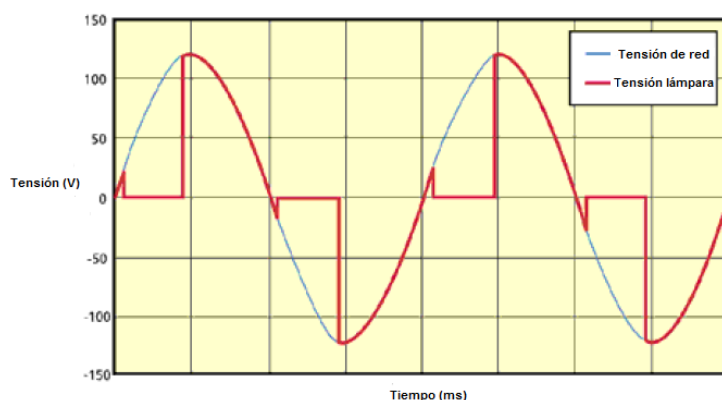


Figura 59. Señal de tensión de red en azul y señal aplicada a la lámpara tras el dimmer, en rojo.

Debe tenerse en cuenta que al disminuirse la tensión aplicada a la lámpara mediante el dimmer, la temperatura de color también se modifica, resultando un cambio proporcional a la disminución de la tensión dándonos una luz aun más cálida de lo que era anteriormente, que se puede corregir con filtros o correctores de tipo booster [W33].

Dependiendo del grado de complejidad del control de iluminación a ejecutar se pueden clasificar en [W38] :

a) Control local

Se realiza en el propio dimmer que incorpora el accionamiento del sistema de regulación, mediante potenciómetros situados en su carátula frontal. Es el sistema más económico, puesto que no precisa de equipamiento adicional. No obstante necesita llevar todas las líneas de control y alimentación eléctrica hasta la sala de control donde se situará el

operador de luces, lo cual puede resultar complicado por la cantidad de cables de alta tensión y elevada sección que se requieren en la instalación.

b) Control por puerto analógico

En el caso de que se desee separar la ubicación de la alimentación eléctrica+dimmers (escenario) y el sistema de control (sala de control) y el número de canales y la distancia entre ambas ubicaciones no sean demasiado grandes se puede utilizar una mesa de control, en la que cada canal enviará un hilo con tensión de 0 a 10V que actuará sobre el dimmer correspondiente ubicado cercano a la zona del escenario

c) Control por puerto digital [W36]

Se utiliza en las grandes instalaciones, donde controla la iluminación y también puede controlar proyectores móviles y dispositivos de efectos especiales como máquinas de humo. Estos sistemas utilizan un protocolo de control denominado DMX (Digital MultipleX), en realidad denominado DMX512 y descrito en el estándar IEC 485 desarrollado por el USITT (United States Institute for Theatre Technology).

El protocolo DMX se basa en la utilización de canales para transmitir órdenes de control a los aparatos que lo soporten, teniendo un límite de 512 canales por sistema DMX. Asimismo cada canal se puede regular desde el valor 0 hasta el valor 255.

Un proyector de luz convencional controlado a través de un dimmer con soporte para DMX utiliza un único canal DMX ya que sobre lo único que se tiene control es la intensidad luminosa. Dispositivos más complejos, como proyectores móviles o máquinas de humo requieren de mayor cantidad de canales DMX al tener más funciones. Generalmente cada canal DMX controla un parámetro o efecto específico del aparato.

Normalmente se utiliza como interfaz DMX la mesa de control de iluminación, que también admite generalmente control MIDI, de forma que los efectos de iluminación dese pueden sincronizar con el sonido del espectáculo. La mesa incorpora los controles necesarios para programar el control de la sala, incluyendo faders para manejar los dimmers, pudiendo conseguir:

- El control de cada foco o grupo de focos.
- Graduar la intensidad de los circuitos.
- El encendido y apagado instantáneo.
- La transferencia de estados luminosos entre grupos.
- Creación de escenas de iluminación predeterminadas.

Al avanzar la tecnología, las funciones en los equipos se incrementan cada vez más y los canales DMX necesarios para controlarlos también, por ejemplo un proyector móvil de última generación puede llegar a utilizar más de 40 canales, por lo que el límite de 512 canales puede llegar a su límite. Es por ello que se está trabajando en nuevos protocolos:

- Protocolo **ACN** (Architecture for Control Networks) en desarrollo por la organización ESTA (The Entertainment Services & Technology Association), que

incluirá comunicación bidireccional para poder así monitorizar y controlar aparatos remotamente, algo que con DMX no es posible.

- **RDM** (Remote Device Management) en desarrollo por algunos fabricantes, permite monitorizar funciones básicas de los aparatos, así como ejecutar configuraciones en los mismos de manera remota, también con comunicación bidireccional. RDM no requiere de cables especiales, y se transmite a través de los cables DMX convencionales. Para la transmisión de la señal de control DMX se utiliza un cable adicional al de alimentación eléctrica.

Capítulo 3

Cableado audiovisual

3.1 Introducción

La función del cableado audiovisual es transportar la señal de un lugar a otro sin amplificar ni transformar, en principio parece una labor sencilla, no obstante la realidad es que cada cable debe transmitir una señal compleja de múltiples octavas sin modificar la información transportada por dicha señal.

En este capítulo se expondrán en primer lugar, en el apartado 4.1, las características generales del cableado y en el apartado 4.2 los tipos básicos de cableado: par trenzado, fibra óptica y cable coaxial. En los posteriores apartados se verán los diferentes cables y conectores según la aplicación, en el apartado 4.4 los de audio y en el apartado 4.5 los de vídeo.

A continuación en el apartado 4.6 se explicarán las características especiales de la transmisión de audio y vídeo sobre par trenzado que presenta ventajas de coste y ejecución compitiendo con el cable coaxial para distancias largas, siendo necesario el uso de equipos que actúen de interfaz como emisores y receptores.

Por último, en el apartado 4.7 se verán las características del cableado de control iluminación que permite regular el flujo luminoso emitido por los proyectores.

3.2 Características Generales del Cableado

Previamente a ver los tipos de cableado existente es importante conocer las características básicas del cableado que influyen en la calidad de transmisión, ya que las prestaciones de un excelente equipamiento audiovisual (micrófonos, mesa de mezclas, amplificadores, altavoces, cámaras de alta resolución, etc.) pueden verse degradadas o eliminadas por un cable de baja calidad.

También es necesario indicar que para saber cómo influyen las propiedades del cable en la señal a transmitir hay que tener en cuenta las características de esta señal a transmitir. En este caso, consideraremos señales de audio y vídeo en banda base, es decir, no están moduladas por una frecuencia portadora, las señales se transportan tal y como salen del micrófono o la cámara de vídeo. El espectro de la banda base de la señal de audio es de 20Hz a 20KHz y el de la señal de vídeo desde decenas desde 0Hz hasta decenas de MHz. Por tanto, se analizarán las características del cableado a las frecuencias de trabajo de banda base. Si existiera una onda portadora, el comportamiento del cable se debería estudiar para el rango de frecuencias de la onda portadora [W43] .

Independientemente de esta frecuencia de trabajo el uso de cualquier tipo de cable, incluso el de mayor calidad, implica pérdida y cambio de la información transmitida, que hay que tratar de minimizar y hacer imperceptible. A continuación se verán las características del cable que influyen en su calidad.

a) Material conductor.

El material que se utiliza para transmitir la señal audiovisual suele ser el cobre, siendo en los cables de mayor gama un cobre especial de alta pureza denominado, cobre libre de oxígeno (OFC-Oxygen Free Copper). En realidad no significa que no tenga oxígeno, si no que tiene menor cantidad de oxígeno que el cobre estándar, reduciendo la formación de óxidos y la distorsión causada por los granos, evitando así que los hilos del metal conductor se oxiden con el tiempo y se degraden la señal y las soldaduras. El sonido de un cable de cobre libre de oxígeno es más suave, más limpio y presenta mayor dinámica que el mismo diseño de cable con conductor estándar de cobre [W42] .

En algunos casos se utiliza como conductor la plata, que si se presenta en su máxima pureza tiene mejores prestaciones que el cobre, no obstante si no es procesada con el máximo grado de pureza incluso el cobre de peor calidad sonará mejor. Lo anterior junto con el mayor coste de la plata hace que este material no se use de una forma mayoritaria [W42] .

No todos los cableados transmiten la señal a través de un conductor de cobre, también se puede utilizar el cable de fibra óptica en el que la luz es la encargada de transportar la información. En el siguiente apartado se verán sus características fundamentales.

b) Resistencia [L3]

La resistencia del cable es la oposición que este presenta a la transmisión de la señal, se mide en ohmios (Ω) y su expresión es:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Siendo,

ρ : Resistividad del material (Ωm)

L : Longitud (m)

S : Sección del cable (m^2)

El efecto más perjudicial que genera la resistencia del cable es la pérdida de señal, cuanto más pequeña sea la resistencia del cable mejor, ya que la pérdida de amplitud será menor, aunque siempre existirá, el objetivo es que no sea perceptible.

En la figura 60 [L3] se representa un circuito con un amplificador, que se comporta como un generador de tensión con una resistencia interna despreciable. La señal emitida tiene una amplitud constante e . Este amplificador alimenta una carga Z_L a través de un cable con unas pérdidas en la línea representadas por su resistencia R , que se dividen a partes iguales entre el tramo de ida y el de vuelta.

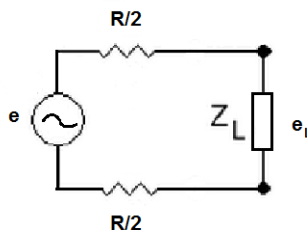


Figura 60. Circuito que simula la pérdida de señal en el cableado.

Si no existieran pérdidas en el cable, bien por tener poca longitud o por ser de un material muy conductor ($R=0$), toda la tensión llegaría a la carga $e_L=e$. En cambio si realmente existe esa resistencia R , la tensión que le llega a la carga disminuye, siendo:

$$e_L = \frac{Z_L}{Z_L + R} \cdot e < e$$

El criterio general que se suele utilizar es que la resistencia del cable no proporcione unas pérdidas superiores al 10% (0,32dB) [W42] .

En conclusión, cuanta mejor conductividad tenga el material, mayor sea la sección del conductor y menor su longitud mejor será la transmisión y menor la pérdida de señal debido a la resistencia del cableado.

La característica de resistencia del cable se suele dar en ohmios por kilómetro (Ω/km).

c) Capacidad [W39]

El cableado de audio y vídeo suele estar constituido por varios cables en paralelo, dos cables paralelos separados por un dieléctrico forman un condensador. Esto es equivalente a una resistencia o impedancia dependiente de la frecuencia ($Z = 1/j\omega C$), cuyo circuito equivalente junto con la resistencia del cable sería el mostrado en la figura 61 [W39].

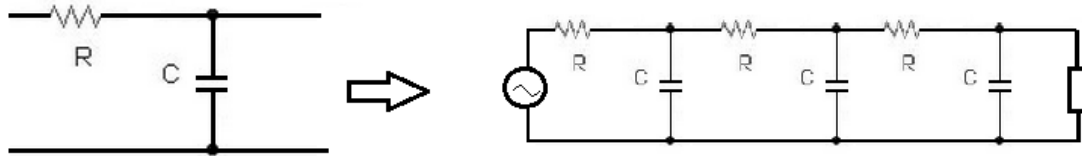


Figura 61. Circuito equivalente RC de un cable.

El efecto combinado de la resistencia y la capacidad es la de un filtro paso bajo con una determinada frecuencia de corte cuyo valor depende de R y C ($f_c = 1/2\pi RC$) [L2]. Cuanto mayor sean la resistencia y la capacidad del cable menor será la frecuencia de corte y mayor pérdida de señal a altas frecuencias se dará. Por tanto este efecto es más crítico para los cables de vídeo que transmiten la señal a una frecuencia mayor que los de audio.

La característica de capacidad del cable se suele dar en picofaradios por metro (pF/m).

d) Inductancia [W39]

Toda corriente o circulación de cargas produce campo magnético, si el campo magnético es variable induce a su vez corrientes. Debido a que las señales de audio y vídeo son variables genera campo magnético variable que induce corrientes en el cable que discurre paralelo.

Esto se manifiesta como una impedancia en serie dependiente de la frecuencia ($Z = j\omega L$), mayor cuanto mayor es la frecuencia.

Aunque no se indujesen corrientes entre los cables, la sola creación de campo magnético es una inductancia y causará resistencia en serie. Por tanto el circuito equivalente de un cable quedaría completo con el efecto de la resistencia, la capacidad y la inductancia mostrado en la figura 62[W39].

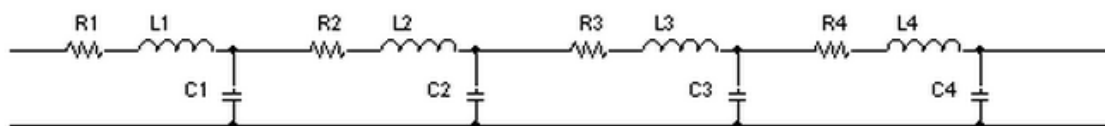


Figura 62. Circuito equivalente RL de un cable.

La forma más efectiva de reducir la inducción de corriente de un cable en otro es trenzarlos, de modo que dejan de ser perfectamente paralelos y los campos magnéticos creados en una posición se anulan con los creados en la posición contigua.

La característica de inductancia del cable se suele dar en microhenrios por metro ($\mu H/m$).

e) Efecto pelicular [W42]

El efecto pelicular se da en los cables que transportan corriente alterna, en ellos se observa que hay una mayor densidad de corriente en la superficie que en el centro.

Esto se debe a que los campos magnéticos variables creados por la corriente alterna inducen corrientes que se oponen a la corriente original provocando un efecto de aumento de la resistencia real del cable, este efecto es mayor para la zona central del cable y para las frecuencias altas, con lo que afectará más a las señales de vídeo.

No obstante, el efecto pelicular no solo supone una pérdida de potencia por el aumento de la resistencia a altas frecuencias si no que en el rango de frecuencias de audio, 20Hz-20kHz, provoca pequeñas coloraciones del sonido debido a que la resistencia del cable es diferente para cada frecuencia.

Para minimizar el efecto pelicular la solución suele ser utilizar cables con múltiples filamentos en lugar de un solo conductor.

Otra solución utilizada en audio es la de separar las señales de agudos y graves para mejorar la eficiencia en la transmisión, llevando dos pares de cables desde el amplificador hasta el altavoz. De esta forma para la señal de graves se utiliza un cable grueso con baja resistencia en continua y a bajas frecuencias y para la señal de audio se utilizan cables más planos para minimizar el efecto pelicular.

f) Dieléctrico [W42]

El material aislante que envuelve el cable afecta a la señal transmitida, este efecto se hace mayor cuanto menor es el nivel de la señal transmitida.

Esta distorsión se debe a que cualquier material aislante situado cerca de un conductor actúa como un condensador que almacena y genera energía. El cable ideal sería aquel que no presentara ningún aislamiento salvo el aire.

El material sólido utilizado como aislante debería ser eléctricamente invisible, de forma que cuanta menor energía absorba mejor. Además esa energía absorbida debería permanecer absorbida, transformada en calor, y la energía que se devuelve al cable debería tener mínimo cambio de fase y no depender de la frecuencia. No obstante la mayoría de los dieléctricos absorben más energía a frecuencias altas, aunque algunos presentan comportamientos más lineales con la frecuencia.

Los materiales aislantes más utilizados son el PVC, polietileno y polipropileno.

g) Direccionalidad [W40]

Aunque pueda parecer inapreciable, cuando se fabrica un hilo conductor de un cable la estructura molecular del mismo no es simétrica, existiendo un sentido en que el flujo de electrones circulará con mayor fluidez. Esta direccionalidad se suele reflejar mediante unas flechas en la cubierta del cable.

h) Apantallamiento [L2]

El uso de pantallas para las señales audiovisuales es necesario, ya que estas presentan niveles de señal relativamente bajos y están expuestas a interferencias electrostáticas, electromagnéticas y ruidos debidos a los bucles a tierra. Asimismo el apantallamiento evita que el flujo electromagnético producido por el cable se emita al exterior.

La pantalla permite aislar la señal de los campos electrostáticos, interceptando las cargas y conduciéndolas a tierra para que no interfieran en la señal transmitida por el conductor. En el caso de un cable no balanceado, con un solo conductor central la pantalla actúa también como un camino para la señal de retorno. Para este tipo de aislamiento se utilizan pantallas de cobre o aluminio que conducen bien la electricidad y que deben conectarse a tierra.

Asimismo la pantalla puede proteger la señal de los campos electromagnéticos cercanos que pueden estar producidos por los balastos del alumbrado de tubos fluorescentes, motores, dimmers de alumbrado, etc. Eso solo lo consiguen las pantallas de hierro o acero, materiales con alta permeabilidad magnética. Este tipo de blindaje no se utiliza normalmente puesto que con las líneas balanceadas y trenzadas y el alejamiento de las fuentes electromagnéticas se consigue una aceptable cancelación.

Los bucles a tierra también son una fuente de ruido para el cable, en ese caso el ruido es inducido por corrientes que fluyen por la pantalla y lo importante para su eliminación es una conexión a tierra adecuada.

El efecto negativo de la incorporación del apantallamiento al cable es el aumento de la capacidad característica del cable, creando valores adicionales de capacidad C_1 y C_2 , entre pantalla y conductores a la capacidad C ya existente entre los dos conductores, como se puede observar en la figura 63 [W43] .

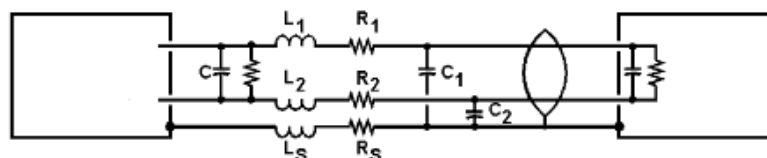


Figura 63. Circuito equivalente de un cable apantallado.

Existen distintos tipos de apantallamiento electrostático dependiendo de la geometría del mismo, laminado, en espiral y trenzado, así como combinaciones de los anteriores, mostrados en la figura 64 [W44].



Figura 64. Tipos de pantallas.

El más efectivo y menos pesado es el laminado, no obstante solo son recomendables para instalaciones fijas ya que el cable no es demasiado fuerte ni flexible, pudiendo deteriorarse la pantalla cuando se dobla. La pantalla en espiral permite una buena cobertura y una mayor flexibilidad, no obstante al doblar el cable la pantalla tiende a abrirse degradando el apantallamiento y generando ruido eléctrico por el cambio de capacidad. El trenzado consigue también buena efectividad y mejor comportamiento al doblarse aunque mayor peso y volumen que los anteriores.

Por último es necesario indicar que para el cableado audiovisual que transporta niveles de señal más elevados, como puede ser el cableado de señal de los altavoces, no es necesario incluir apantallamiento ya que las interferencias no son perceptibles. El efecto de la capacidad seguirá existiendo aunque será menor ya que, al ser los cables de mayor diámetro para llevar más intensidad, la resistencia es menor. Los requerimientos del cableado de altavoces se asemejan a los del cableado eléctrico de alimentación por lo que se suelen utilizar cables de similar tipología.

3.3 Resumen tipos generales de cableado y características fundamentales

A continuación se realizará una breve descripción de las características fundamentales de los tipos de cableado más utilizados para transmisión de diversos tipos de señal, datos, audio y vídeo. Posteriormente se verá su aplicación en la transmisión de las señales audiovisuales.

3.3.1 Par trenzado

Los cables de par trenzado están constituidos por pares de hilos de cobre+dieléctrico entrelazados para reducir las interferencias electromagnéticas y la diafonía entre cables adyacentes.

Los hilos suelen ser de diámetro 0,2 a 0,4mm y generalmente se agrupan varios pares junto en una misma cubierta. Pueden ser de agrupaciones de 4 pares, 25, 50 ó incluso 100. Se utilizan para transmisión analógica y digital [A3] .

Dependiendo de si los pares incluidos en la cubierta están o no apantallados, y si se apantallan con pantalla trenzada o lámina se obtienen distintos tipos de cable de par trenzado. En la tabla de la figura 65 [W57] se pueden ver los distintos tipos, en función del apantallamiento de cada par y el global.

name	cable screening	pair shielding
U/UTP	none	none
U/FTP	none	foil
F/UTP	foil	none
S/FTP	braiding	foil
SF/UTP	foil, braiding	none
	Foil	Shield

Siendo TP = Twisted Pair, U = Unshielded, F = Foil shielding, S = Braided shielding

Figura 65. Tipos de cables de par trenzado en función de su apantallamiento.

En general cuanto mayor es el apantallamiento, menores interferencias presentan y mayores velocidades de transmisión, no obstante los cables se vuelven más rígidos y gruesos.

El ancho de banda depende de la distancia y del calibre. Concretamente en los cables de par trenzado de 4 pares, la especificación 568A Commercial Building Wiring Standard de la asociación Industrias Electrónicas e Industrias de la Telecomunicación (EIA/TIA) divide los cables en distintas categorías dependiendo del ancho de banda y velocidad de transmisión [A3] [W48].

CATEGORÍA	FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN MÁXIMA	FLUJO SOPORTADO	APLICACIONES
1 y 2	0,4 y 4MHz	4Mbps	Líneas telefónicas y datos de banda ancha, no descrito en las recomendaciones EIA/TIA.
3	16MHz	10Mbps	Transmisión de datos con protocolos 10BASE-T Ethernet
4	20MHz	16Mbps	Transmisión de datos con protocolos IEEE 802.5 Token Ring y 10BASE-T Ethernet
5	100MHz	150Mbps	Transmisión de datos con protocolos 100BASE-T Fast Ethernet y 1000BASE-T Gigabit Ethernet
5e	100MHz	150Mbps	Transmisión de datos con los mismos protocolos que la categoría 5 pero con mejor calidad de transmisión.
6	250MHz	250Mbps	Transmisión de datos con protocolos 10GBASE-T 10 (10-Gigabit Ethernet)
6a	500MHz	250Mbps	Transmisión de datos con protocolos 10GBASE-T 10 (10-Gigabit Ethernet)
7	600MHz	1000Mbps	Transmisión de datos con protocolos 10GBASE-T 10 (10-Gigabit Ethernet). Cable U/FTP, su gran inconveniente es el tipo de conector que debe ser apantallado.
7a	1000MHz	1250Mbps	En desarrollo. Cable S/FTP.
8	1200MHz	10Mbps	En desarrollo. Cable S/FTP.

Tabla 4. Categorías de cable trenzado de 4 pares según EIA/TIA.

La mayor parte de estos estándares define una distancia máxima de cableado de 100m para conseguir las máximas prestaciones de ancho de banda indicadas, no obstante si el ancho de banda de la señal es menor, la distancia máxima del cable aumenta. Por ejemplo para las señales de audio (20Hz a 20KHz) y vídeo (0 a 8MHz) en banda base, las distancias se verían aumentadas considerablemente. En un apartado posterior se explicará el uso específico del cable UTP para señales de audio y vídeo [W28].

Las ventajas del cableado de par trenzado son su bajo coste y la facilidad de tendido y conexión. Por otro lado las desventajas que presenta son el ancho de banda limitado, la limitación de distancias, baja inmunidad al ruido, la baja inmunidad a la diafonía (interferencia de pares adyacentes) [A3] .

3.3.2 Cable Coaxial

El cable coaxial es un cable constituido por dos conductores concéntricos: un núcleo sólido que suele ser de cobre y una combinación de papel de aluminio y malla trenzada. Entre ambos se encuentra una capa aislante llamada dieléctrico y todo el conjunto suele estar protegido por una cubierta aislante. En la figura 66 [W45] se muestran su composición.

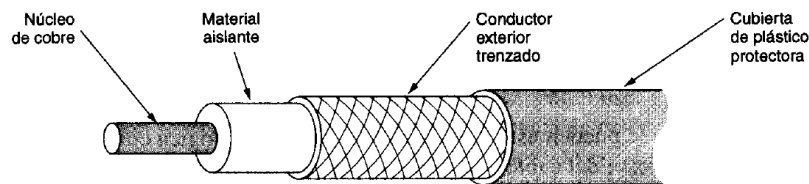


Figura 66. Partes de un cable coaxial.

En transmisión de datos suelen usarse dos tipos de cable coaxial [A3] :

- Banda base: Se utiliza cable de 50Ω , para transmisión digital con una única conexión simultánea.
- Banda ancha: Se utiliza cable de 75Ω , para transmisión analógica, permite la transmisión de varios canales. Es el cable estándar para la televisión por cable.

El cable coaxial presenta una buena combinación entre gran ancho de banda e inmunidad al ruido. Tiene la ventaja de ser muy resistente a interferencias, y por lo tanto, permite conectar dispositivos a mayores distancias que con otros cables. No obstante presenta una limitación fundamental, a medida que crece la distancia se atenúan las altas frecuencias, lo que obliga al uso de amplificadores.

3.3.3 Fibra Óptica

El cable de fibra óptica basa su funcionamiento en la transmisión de pulsos de luz a través de un canal de fibra de sílice gracias al fenómeno de refracción y reflexión de la luz [W46].

Normalmente cuando una onda como la luz pasa de un medio a otro, parte de esa onda se refleja (reflexión) y parte pasa al otro medio con cierta desviación (refracción). La relación entre estos ángulos viene dada por la ley de Snell representada en la figura 67 [W46].

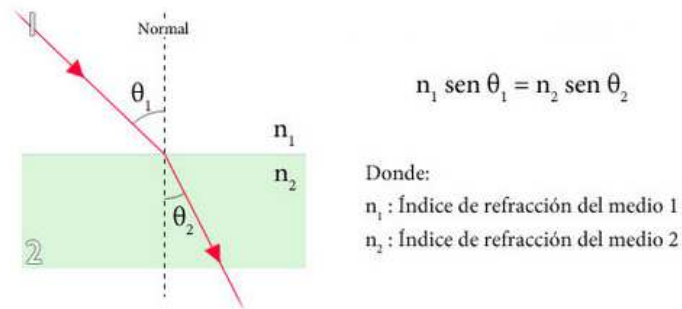


Figura 67. Ley de Snell.

Siendo el índice de refracción $n = \frac{c}{v}$

c : Velocidad de la luz en el vacío (m/s)

v : Velocidad de la luz en el medio (m/s)

Si la luz pasa de un medio con mayor índice de refracción a uno con menor índice existe un ángulo de incidencia, conocido como ángulo límite, por encima del cual la luz se refleja totalmente. La luz se refleja si el ángulo de incidencia (A_i) sobre la fibra de sílice es mayor que un ángulo límite (A_l), según se muestra en la figura 68 [A3]

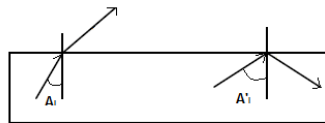


Figura 68. Reflexión de la luz en el interior de una fibra óptica por encima del ángulo límite.

Por tanto, si el rayo de luz incide de forma suficientemente longitudinal en la fibra rebotará y quedará atrapado en la fibra, pudiendo así viajar grandes distancias sin apenas pérdidas [W46].

El cable de fibra óptica que está formado por tres secciones concéntricas mostradas en la figura 69 [W46]:

- El **núcleo**, compuesto por fibras muy finas de cristal o plástico (entre 8 y 100 μm). Tienen un mayor índice de refracción que el revestimiento [W45] .
- El **revestimiento**, también material similar, cristal o plástico, rodea al núcleo y cuenta con un índice de refracción ligeramente inferior al del núcleo. Actúa como reflector para que la luz no escape del núcleo [W45] .
- La **cubierta**, es la capa más exterior realizada en material plástico sirve para proteger al núcleo y el revestimiento contra la humedad, abrasión y aplastamiento [W45] .

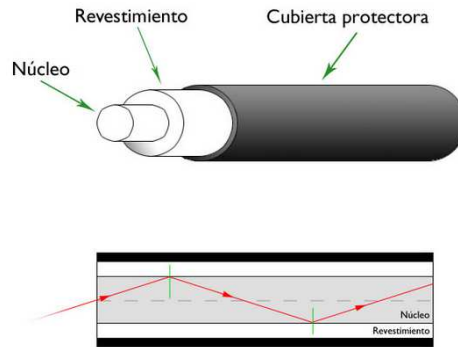


Figura 69. Partes de un cable de fibra óptica.

Para construir la fibra se puede usar diversos tipos de cristales y plásticos. Las pérdidas menores se han conseguido con la utilización de fibras de silicio fundido ultra puro que son muy difíciles de fabricar. Las fibras de cristal multicomponentes son más económicas y proporcionan unas prestaciones suficientes. La fibra de plástico tiene todavía un coste inferior y se puede utilizar para enlaces de distancias cortas

Los componentes necesarios para realizar la transmisión con fibra óptica son [A3] :

- El **medio de transmisión**. Es el cable de fibra óptica.
- **Fuente de luz**: Está formado por una fuente de alimentación y un foco de luz. La luz se emite por puede emitirse por LED o por láser.
En los sistemas que utilizan LEDs la transmisión de un pulso de luz genera múltiples rayos de luz, pues se trata de luz normal no coherente (espectro compuesto por una banda ancha de señales con distintas frecuencias y fases, así como diferentes amplitudes y polarizaciones); se dice que cada uno de estos rayos tiene un modo y a la fibra que se utiliza para transmitir luz de emisores LED se la denomina fibra multimodo [W45] .
Los diodos láser permiten mayor velocidad y alcance. Emiten luz coherente (ondas de la misma frecuencia y en fase). Si la fibra es suficientemente fina se consigue un único rayo que se transmite por la fibra prácticamente sin dispersión, denominándose fibra monomodo. Si el núcleo no es tan pequeño el rayo se terminará dividiendo en varios transmitiendo en múltiples modos, multimodo, pero con mayores velocidades que con el laser [W45] .
- **Detector**: Detecta las señales de luz y las convierte a señales eléctricas.

Las fibras se especifican indicando el diámetro de la fibra interior y exterior; las fibras multimodo típicas son de 50/100 μm y 62,5/125 μm . Debido al mayor tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión que la monomodo, las distancias máximas alcanzadas son de 2km [W47]. Dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, existen dos tipos de fibra multimodo [A3] :

- **Índice escalonado**: el núcleo tiene un índice de refracción constante en toda la sección cilíndrica, tiene alta dispersión modal.
- **Índice gradual**: el índice de refracción no es constante, tiene menor dispersión modal y el núcleo se constituye de distintos materiales.

Además, según el sistema ISO 11801 para clasificación de fibras multimodo según su ancho de banda existen los formatos OM1 y OM2 (multimodo sobre LED) y el formato OM3 (multimodo sobre láser):

- OM1: Fibra 62.5/125 μm , soporta hasta Gigabit Ethernet (1 Gbitps), emisor LED.
- OM2: Fibra 50/125 μm , soporta hasta Gigabit Ethernet (1 Gbitps), emisor LED.
- OM3: Fibra 50/125 μm , soporta hasta 10 Gigabit Ethernet (300 m), emisor láser.

En una fibra monomodo sólo se propaga un modo de luz, lo que se consigue reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño de 8 a 10 μm . Su transmisión es paralela al eje de la fibra. Las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias, hasta 400 km máximo mediante un láser de alta intensidad, y transmitir elevadas tasas de información, decenas de Gbps).

En la figura 70 [W47] se muestran los 3 tipos básicos de fibra óptica, multimodo de índice escalonado, multimodo de índice gradual y monomodo, tanto sus dimensiones, los valores de los índices de refracción de núcleo y revestimiento y la forma de propagación de la luz por el interior de la fibra y el espectro de la señal de entrada y salida.

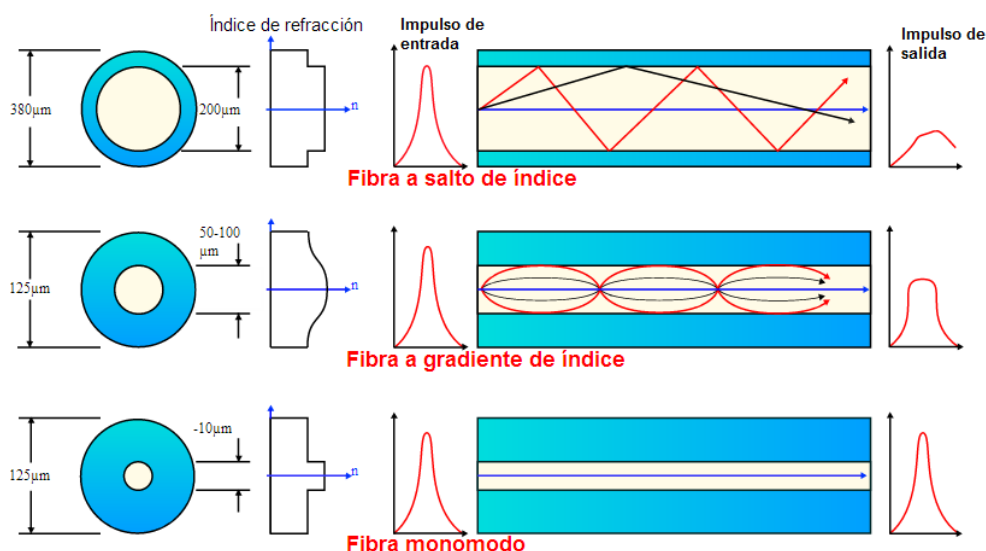


Figura 70. Tipos de cables de fibra óptica.

La transmisión por fibra óptica siempre es en un sentido (simplex); para conseguir comunicación bidireccional (full duplex) es necesario instalar dos fibras, una para cada sentido.

A parte de las elevadas tasas de transmisión y grandes alcances obtenidos con la fibra óptica, otra gran ventaja de este sistema, es que no se ve afectado por ningún tipo de interferencia. La única desventaja es el hecho de no poder empalmar fácilmente cables para conectarlos a nuevos nodos.

3.4 Cableado y conectores de audio

3.4.1 Cable balanceado y no balanceado

Los cables de audio se pueden dividir en dos grandes tipos dependiendo de si la señal que se transmite es balanceada o no balanceada.

Los cables **no balanceados** son aquellos en los que la señal se transmite a través de un único cable, teniendo la referencia de masa ó 0V en la pantalla, por tanto sus conectores serán dos pines. Son utilizados sobre todo en equipos domésticos, siendo su gran problema la vulnerabilidad a las interferencias electromagnéticas a partir de longitudes largas [L2] .

Los cables no balanceados suelen ser del tipo coaxial.

Los **cables balanceados**, transmiten la señal dos veces, una de ellas con polaridad invertida. Esta duplicación e inversión de la señal se realiza para poder anular las interferencias electromagnéticas que logren pasar la pantalla del cable, ya que estas afectarán por igual a los dos cables que llevan la señal, de forma que en el receptor se pueden sumar las dos señales (invirtiendo de nuevo la onda invertida en el emisor) eliminándose las interferencias y obteniendo la señal original transmitida. En este caso el cable consta de dos hilos más malla y su conector será de 3 pines. Los cables balanceados son utilizados en el mundo profesional [L2] .

Los cables balanceados suelen ser del tipo par trenzado con un solo par o con agrupaciones de varios pares.

En la figura 71 [L2] se representan los dos tipos de cables.

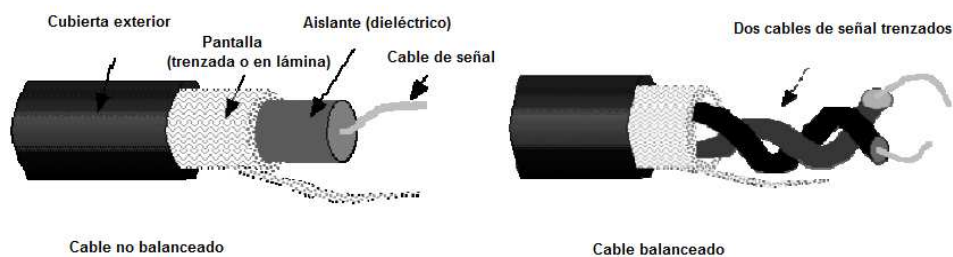


Figura 71. Estructura de un cable no balanceado (izqda.) y otro balanceado (dcha.).

3.4.2 Audio analógico y audio digital

Las dos clasificaciones anteriores de cable balanceado y no balanceado se pueden utilizar tanto para transmitir audio analógico como digital.

a) Cables audio analógico [W41] .

Las conexiones analógicas típicas disponen de un cable por cada canal (dos cables para una conexión estéreo típica). Se puede utilizar cable **coaxial** o cable **de par trenzado**.

b) Cables audio digital [W41] .

La única diferencia entre la señal analógica y digital es que señal de digital es de mayor frecuencia llevando todos los canales por un único cable y utilizando diferentes protocolos de codificación de audio AES/BUS (Audio Engineering Society/European Broadcasting Union) ó S/PDIF (Sony/Philips Digital Interface Format) que fue creado a partir del anterior adaptado para aplicaciones comerciales presentando pequeñas diferencias que lo hacen menos costoso a la hora de producir los componentes finales, lo que implica también una menor longitud de sus conexiones.

Para el audio digital se pueden utilizar los mismos cables que para el audio analógico, **par trenzado y cable coaxial**, aunque varían algo sus características. Se suele utilizar par trenzado de 110Ω y cable coaxial de 75Ω siendo su conductor más delgado y con un blindaje mejorado frente a los utilizados para el audio analógico.

Además del par trenzado y cable coaxial se puede utilizar **fibra óptica y HDMI**.

El cable de fibra óptica para audio, denominado TOS-link, fue originalmente creado por TOSHIBA para aprovechar su gran ventaja de inmunidad a las interferencias. La fuente de luz es LED por lo que su alcance es mucho menor que el de la fibra óptica utilizada en las redes de comunicaciones, ofreciendo un ancho de banda de 5 MHz y una distancia máxima de 5 a 10m.

El cable HDMI permite la transmisión de audio y vídeo digital en el mismo cable, se creó en 2002 y se ha convertido en un estándar ampliamente utilizado por todos los fabricantes. En la parte de audio se verán algunas características más.

3.4.3 Conectores de audio

Los conectores más utilizados para el cableado de audio analógico y digital son los siguientes [A3] [W41] :

a) **RCA ó phono:** Se usan en equipos semi-profesionales y domésticos para señales no balanceadas de nivel de línea (equipos de grabación, DVD...), suelen venir en pares estéreo (blanco/rojo, L/R).

b) **Jack:** Se usan en aparatos profesionales, para señales de línea (mesas de mezcla) y para tomas de auriculares. Pueden ser de dos o tres cables, los de dos cables se utilizan para señales monofónicas no balanceadas y los de tres conductores pueden utilizarse para una señal estereofónica o para una señal monofónica balanceada.

Hay conectores Jack de varios diámetros, el de mayor tamaño, $\frac{1}{4}$ " (6,35 mm), es el más usado en audio profesional para señales de línea de mesas de mezclas e instrumentos musicales eléctricos. Los mini-jack son de $\frac{1}{8}$ " (3,5 mm) y se utilizan en equipos domésticos como tarjetas de sonido de ordenadores y dispositivos portátiles. Existe otro conector jack tamaño aún menor (2,5mm) pero menos utilizado.

c) **XLR ó CANON:** Es el tipo de conexión más habitual en audio analógico del mundo profesional, usado para líneas balanceadas. El conector tiene 3 pines, uno para el conductor positivo (señal original), otro para el conductor negativo (señal invertida) y el último para la pantalla.

d) **DIN de 5 pines:** Se utilizan en aparatos semi-profesionales y domésticos para señales de línea estéreo, que puede ser balanceada o no balanceada. Aunque su uso más extendido y es el de transmitir el protocolo de comunicación musical MIDI.

e) **SPEAK-ON:** Es un tipo de conector empleado para conectar amplificadores y altavoces. Cada conector speakon está diseñado con un sistema de bloqueo y admite conexiones con soldadura o mediante tornillos. Los machos siempre se encuentran en el cable, con conectores idénticos a ambos lados, y las hembras en los paneles de conexión.

Los conectores speakon están completamente protegidos y blindados de la manipulación accidental del usuario y son capaces de soportar muy altas potencias. Existen de 2, 4 u 8 polos.

La principal desventaja es su alto precio y la dependencia de un único fabricante.

f) **Tos-link/ EIAJ:** Es el conector para el cable de fibra óptica TOS-link con un único pin de conexión.

g) **HDMI:** Es el conector estándar de HDMI (audio y vídeo) tipo A tiene 19 pines. Se ha definido también una versión de mayor resolución -tipo B-, pero su uso aún no se ha generalizado.

En la figura 72 [W41] [W49] se muestran imágenes de los anteriores tipos de conectores.



Figura 72. Tipos de conectores de audio.

3.5 Sistemas de vídeo

Frente a los cables de audio, los cables de vídeo transmiten a frecuencias más altas y con mayor ancho de banda por lo que las señales de vídeo son más propensas a la degradación y a las interferencias electromagnéticas.

3.5.1 Cableado analógico de vídeo y conectores

El ancho de banda de la señal analógica de vídeo se sitúa entre 5,5MHz (525 líneas) y 6,2MHz (625 líneas), mientras que para la señal digital de vídeo el ancho de banda máximo es de 6 a 8 MHz y velocidades máximas de 216Mbps, aunque lo normal son 140Mbps [W28].

Los principales cables analógicos son el coaxial de radiofrecuencia o antena, vídeo compuesto, s-vídeo, vídeo por componentes, RGB y euroconector. Mientras que los digitales son el HDMI, DVI y en algunos modelos de monitores profesionales SDI.

A continuación se verán las características fundamentales de los distintos tipos de cableado analógico de vídeo [A3] [W41] .

- a) **Coaxial RF:** El cable coaxial estándar se denomina RG-59, el de mayor calidad RG-6 contando con una menor pérdida de señal y un mejor blindaje. No es solamente cable de vídeo, puede transportar señales de vídeo y audio, estas últimas moduladas en una señal de radiofrecuencia, se utiliza para conectar antenas, VCR y televisiones. Ver figura 73 [W41] .



Figura 73. Cable RF y conectores BNC.

- b) **Vídeo compuesto:** El mismo cable transmite todas las señales, incluyendo la luminancia (brillo), la crominancia (color) y sincronismos en el mismo espectro, según diferentes formatos estándar como NTSC, PAL y SECAM. Emplea normalmente conectores RCA ó BNC y cable coaxial de 75Ω, de color amarillo, como el mostrado en la figura 74 [W49] . Es el tipo de conexión para imagen más básico y de menor calidad, propio de los sistemas audiovisuales domésticos.



Figura 74. Cable vídeo compuesto y conectores RCA.

- c) **S-Vídeo (separated-video):** Tiene mayor calidad que el vídeo compuesto porque divide la información de brillo y color, de esta forma aumenta el ancho de banda disponible para la iluminancia.

Es un cable de 4 hilos que lleva en un par señal-tierra la señal de luminancia y por el otro par señal-tierra las dos señales de crominancia combinadas. Realmente son dos líneas coaxiales de 75Ω , con conectores mini-DIN de 4 pines como los mostrados en la figura 75 [W41] .

Como desventaja, el usar cables separados facilita las interferencias mutuas, sobre todo en longitudes largas de cable. La señal de S-Video tiende a degradarse considerablemente cuando se transmite más de 5 metros si se usa un cable de mala calidad, con 10 metros ya suele ser peor que con vídeo compuesto.



Figura 75. Cable S-vídeo y conectores mini-DIN 4 pines.

- d) **Vídeo por componentes:** Ofrece mejor calidad que el S-Video y mucho mejor que el vídeo compuesto. Consiste en 3 líneas coaxiales de 75Ω cada una de las cuales transmite una parte de la señal de vídeo, luminancia en el cable de color verde y las dos señales de crominancia en los cables azul y rojo, como los mostrados en la figura 76 [W50]. Normalmente emplea conectores RCA, aunque también se utilizan los conectores BNC en equipos de alta gama.

Este tipo de conexión soporta un gran ancho de banda y es capaz de transmitir, de manera analógica, resoluciones de pantalla equivalentes 720×1080 de alta definición.



Figura 76. Cable de vídeo por componentes y conectores RCA.

- e) **Euroconector o SCART.** Es un conector normalizado de 21 conexiones o pines, que intercambia informaciones de audio y video. Facilita la conexión de equipos domésticos (televisores, vídeos, DVD, TDT, etc.) de manera rápida y con buena calidad, existiendo distintos tipos de adaptadores de vídeo compuesto, s-Vídeo y audio a euroconector. En la figura 77 [W41] se muestran ambos.

Además del cable estándar con un apantallado general, existen cables planos de mucha mayor calidad con apantallados individuales para cada uno de los cables.



Figura 77. Cable y conector euroconector (izqda.) y adaptador euroconector (dcha.).

- f) **Cable y conector VGA:** Es el tipo de cable y conector que se utiliza para transmitir la señal de vídeo de una pantalla de ordenador analógica estándar. Actualmente su uso está siendo desplazado por los conectores digitales DVI ó HDMI.

Las señales transmitidas por el cable son por un lado las 3 señales RGB, normalmente en 3 líneas coaxiales de 75Ω cada una, más las señales de sincronismo horizontal (H) y vertical (V) por dos cables adicionales separados que suelen ser de par trenzado.

El conector VGA consta de 15 pines distribuidos en 3 filas, también se denomina RGBHV por las señales transmitidas o HD-15. En caso de que el tamaño sea una limitación, como en el caso de los portátiles se utilizan los puertos mini-VGA, que cuentan con el mismo número de pines pero distribuidos en 2 filas, soportando además los formatos de vídeo compuesto y S-Vídeo. Ambos tipos se muestran en la figura 78 [W50].



Figura 78. Conector VGA (izqda.) y mini-VGA (dcha.).

3.5.2 Cableado digital de vídeo y conectores

El cableado y los conectores más utilizados para el cableado de vídeo digital son los siguientes [A3] [W41] :

- a) **iLink- Firewire:** También conocido como IEEE 1394 Firewire, es una conexión de 400Mbps para transferencia de imagen digital. Existen variaciones que admiten 800Mbps. Tiene 4 ó 6 pines, dependiendo de si lleva ocupa solo dos con los datos o también los otros dos con el suministro de corriente. También puede llevar audio digital.
- b) **DVI (Digital Visual Interface):** Es una interfaz de vídeo diseñada para obtener la máxima calidad de visualización posible en pantallas digitales tales como los monitores LCD y los proyectores. Hasta la irrupción del HDMI era muy utilizado por su compatibilidad con la conexión analógica, pudiendo conectar con DVI tanto un monitor CRT como un LCD. La distancia máxima soportada por este cable es de 5m.

Existen tres tipos de conectores DVI según el tipo de señal que transportan:

- DVI Digital (DVI-D). Solo soporta pantallas digitales.
- DVI Integrado (DVI-I). Soporta tanto pantallas digitales como analógicas.

- DVI Analógico (DVI-A). Soporta pantallas analógicas, para ofrecer compatibilidad con los conectores VGA de 15 pines.
 - Variaciones DL (Dual Link). Las versiones single Link soportan resoluciones de hasta 1920x1080 píxeles, mientras que las versiones Dual Link superan este límite
- c) **HDMI (High Definition Multimedia Interface)**. Es un formato relativamente reciente, creado en el año 2002. Permite la transmisión de audio y vídeo digital cifrado sin compresión apoyada por la industria para ser el sustituto del euroconector. Entre sus creadores se incluyen los fabricantes líderes de electrónica de consumo.
- La calidad de imagen de HDMI es similar a la de DVI, no obstante su principal ventaja frente a DVI es que puede llevar además del vídeo la señal de audio. Soporta mayores distancias que el DVI, 15m frente a los 5m del DVI, para conexiones de más longitud se pueden utilizar repetidores. El único inconveniente que puede tener es que, a diferencia del DVI, no soporta señales analógicas.
- Es capaz de soportar todos los formatos de alta definición sin compresión. También existen versiones single-link y dual-link con el fin de soportar resoluciones mayores.
- Existen dos tipos de conectores el más común, HDMI tipo A, con 19 pines y el poco común, HDMI tipo B, con 29 pines y de tamaño ligeramente mayor.
- d) **SDI (Serial Digital Interface)**: Se utiliza en el mundo profesional. Tiene versiones single-link y dual-link. Su principal característica es que puede llevar señales digitales de vídeo sin comprimir en una transmisión serie a través de un único cable coaxial de 75 Ω , utiliza normalmente conectores BNC.

En la figura 79[W41] [W49] se ven los distintos tipos de cableado y conectores para vídeo digital.



Figura 79. Cableado y conectores de vídeo digital.

3.6 Cableado audio/vídeo sobre par trenzado

Las señales de audio y vídeo pueden ser transmitidas a través del cableado tradicionalmente asociado a redes de datos como es el par trenzado UTP y sus versiones apantalladas. Para ello es necesario utilizar equipos especiales que actúan como interfaz para enviar las señales por el cableado UTP. Este cableado ofrece ventajas en términos de coste e implementación y proporciona un rendimiento comparable a los sistemas que utilizan cable RGB coaxial.

3.6.1 Sistema básico

Un sistema básico consta de un emisor y un receptor de señal, podría aplicarse en la transmisión de la señal de salida RGB de un ordenador a otra pantalla como se muestra en la figura 80 [W51].

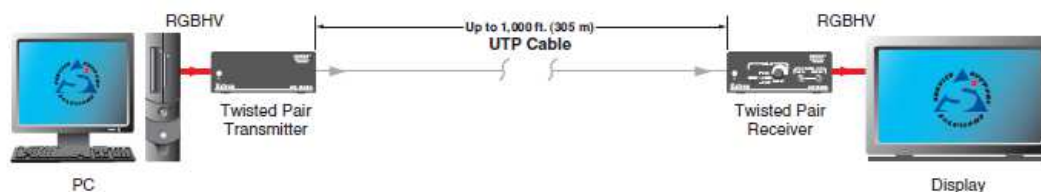


Figura 80. Sistema básico de cableado de audio y vídeo sobre par trenzado con un emisor y un receptor.

3.6.2 Funcionamiento

Utilizando el equipamiento adecuado, se pueden alcanzar distancias de 150m para señales de vídeo de alta resolución. Esto se consigue debido a dos motivos fundamentales, el cable y el equipamiento auxiliar [W51].

La transmisión de la señal en modo balanceado por cada par trenzado consigue disminuir las interferencias externas [W51].

Por otro lado el equipamiento auxiliar, sobre todo los equipos receptores, incorporan ecualización, control de ganancia y amplificación de altas frecuencias que permiten reconstruir con mayor fidelidad en el destino la señal original transmitida, de esta forma compensa las pérdidas debidas a la resistencia y capacidad del propio cable [W51].

Para las señales de vídeo algunos equipos de recepción incluso permiten corregir los desfases ocasionados por la diferente longitud de los pares que constituyen el cableado. Esto ocurre en los cables de categoría 6, en la que dos de los pares están enrollados mayor número de vueltas por metro que los otros dos para reducir la diafonía, si las distancias son considerables esto provoca que las 3 señales que transmiten el vídeo (RGB, YCbCr, etc) lleguen desfasadas y su efecto se pueda notar en la visualización de la imagen. Este problema podría solucionarse también añadiendo tramos de cable coaxial de diferente longitud en cada una de las 3 señales para compensar el desfase o utilizando cable UTP específico para audio y

vídeo libre de desfases o cable convencional de categoría 5 cuyo trenzado es aproximadamente parecido (aunque no normalizado) en todos los pares [W52].

El uso de estos equipos requiere la calibración del mismo para ajustar los parámetros de ecualización, amplificación, corrección de desfases, etc. Los propios equipos incorporan señales de prueba para una configuración rápida, no obstante para un ajuste de calidad se recomienda realizar la calibración con un osciloscopio [W52].

3.6.3 Tipo de señales

El cableado de par trenzado puede transmitir prácticamente todas las señales de audio y vídeo, tanto analógicas como digitales, siendo diferentes las distancias máximas alcanzadas dependiendo de la tasa de transmisión necesaria y el ancho de banda de la señal [W51].

Se pueden transmitir señales de audio, mono y estéreo, analógicas o digitales. También señales analógicas de vídeo como vídeo compuesto, S-vídeo, vídeo por componentes y RGB. También se pueden transmitir señales de control como el RS-232 [W51].

Además de las señales analógicas de vídeo, también permite la transmisión de vídeo digital DVI y HDMI, esta última también permite transportar audio digital y señales de control [W51].

3.6.4 Ventajas y aplicaciones

Permite transportar la señal de audio y vídeo a distancias considerables manteniendo un rendimiento o calidad comparable a la de los sistemas que utilizan cable coaxial RGB [W51].

El uso del cableado de par trenzado para transmisión de señales de audio y vídeo puede escogerse por razones de coste, comodidad, limitaciones de espacio o por razones estéticas [W51].

Para tiradas largas de cableado, el coste del equipamiento específico de emisión y recepción más el bajo coste del cableado UTP puede ser significativamente menor que el del cable coaxial equivalente que requeriría el uso de amplificadores. Además el espacio ocupado y el peso de un cable de par trenzado es menor que el equivalente de cable coaxial, esto facilita la instalación y ocultación del mismo. Otras razones adicionales para su uso son la simplicidad y bajo coste de sus conectores y posibilidad de existencia de cableado ya instalado en desuso [W51].

En la figura 81 [W51] se puede ver la diferencia de tamaño y de conectores empleados en un cable UTP y su equivalente en cable coaxial.

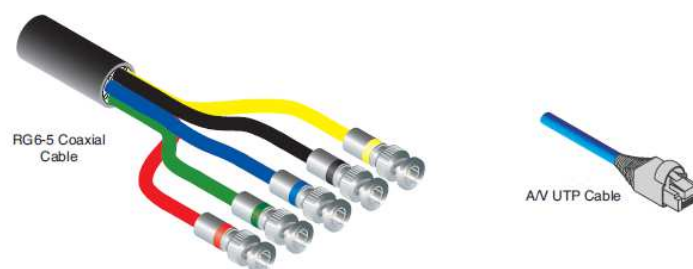


Figura 81. Cable UTP y coaxial equivalente.

Algunas de las aplicaciones en las que se utiliza el cableado de par trenzado para transmisión de audio y vídeo son salas de eventos multiusos, salas de reuniones, aeropuertos, etc [W51].

3.6.5 Equipamiento

Cualquier sistema de par trenzado para audio y vídeo requiere al menos un **transmisor o emisor**, para convertir las señales de audio/vídeo estándar en señales diferenciales para transmitir por los pares trenzados, y al menos un **receptor** para recuperar la señal original [W51].

Estos equipos se pueden clasificar en pasivos o activos. Los pasivos denominados tradicionalmente baluns, convierten la señal a través de un transformador. Dichos equipos son adecuados para transmitir señales de vídeo compuesto y S- vídeo a distancias cortas (menos de 30m). No son recomendables para señales VGA ni HDTV ya que su comportamiento a altas frecuencias no es bueno [W51].

Los dispositivos activos proporcionan un comportamiento mucho mejor que los pasivos y pueden transmitir HDTV y VGA, así como audio y control. Otra diferencia fundamental con los dispositivos pasivos es que incorporan ecualización para compensar la pérdida de señal debida a la distancia. Suelen ser equipos individuales aunque a veces se incorporan como parte de procesadores de señal o equipos de enrutado como pueden ser amplificadores de distribución [W51].

Cuando se utilizan varios emisores y receptores se hace necesario el enrutado y distribución de la señal, para lo que existen switches especiales, amplificadores de distribución y matrices [W51].

En la figura 82 [W51] se muestra un sistema de cableado de audio y vídeo sobre par trenzado con enrutado y distribución de señal.

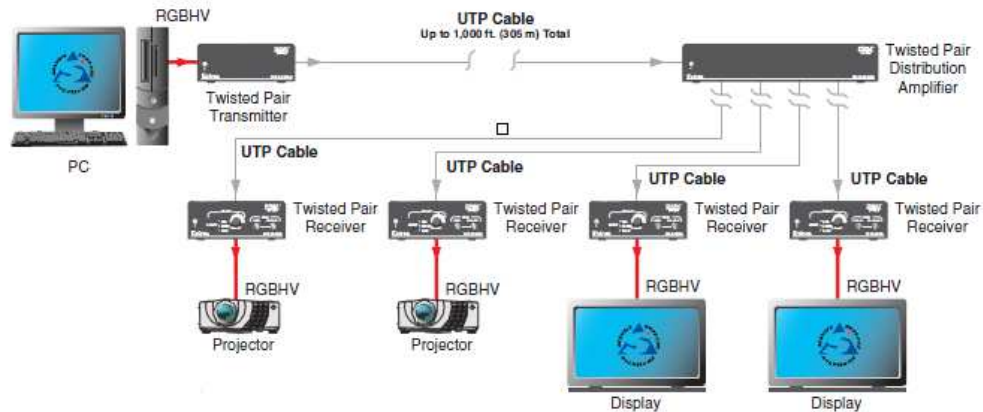


Figura 82. Sistema de cableado de audio y vídeo sobre par trenzado con enrutado y distribución de señal.

Cuanto mayor sea la calidad de todos los componentes de la instalación mejor será el comportamiento del sistema, no obstante la clave de la tecnología reside en el receptor, por lo que habrá que asegurar siempre que su calidad máxima para la aplicación requerida [W51].

Es recomendable que todo el equipamiento de transmisión, recepción y distribución sea del mismo fabricante para garantizar la compatibilidad en la conversión de las señales [W51].

3.6.6 Diferencias con cableado de redes de datos

El cableado de par trenzado para audio y vídeo, debe constituir una red independiente de la red de datos. Las señales que transporta no están constituidas por paquetes de datos como en las redes de comunicaciones para transmisión por Ethernet y no pueden convivir con las señales de datos por el mismo cable UTP [W51].

Partiendo de lo anterior, el equipamiento de enrutado de datos no se puede utilizar para las señales de audio y vídeo, de hecho, dichos equipos pueden dañarse por las señales de audio y vídeo porque presentan niveles de señal mayores que las señales de datos [W51].

El cableado UTP diseñado específicamente para aplicaciones de audio y vídeo no cumple los criterios EIA/TIA y no es compatible con las aplicaciones de datos. No obstante dicho cableado de datos si se puede utilizar para transmitir señales de audio y vídeo teniendo en cuenta lo comentado en los apartados previos [W51].

3.7 Cableado de control de iluminación

El cableado utilizado para el control de iluminación con el protocolo DMX se utiliza para transmitir la señal de control a los dimmers. Está compuesto por 3 ó 5 conductores de cobre como los mostrados en la figura 83[W58]. Debido a que tiene que convivir con los cables de alimentación eléctrica de los proyectores de iluminación y con las interferencias de los dimmers sus conductores de cobre llevan un doble apantallamiento, de lámina y trenzado [W36] .

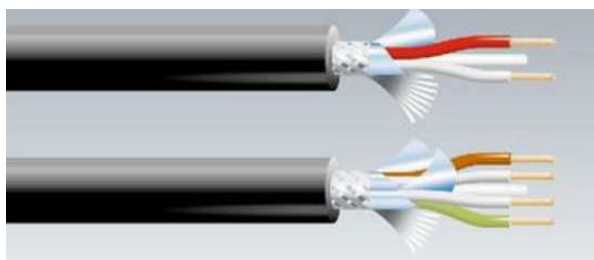


Figura 83. Cables DMX.

Utilizan conectores XLR de 5 puntas y normalmente sólo utilizan la 1, 2 y 3. El elemento final deberá incluir una carga de la misma impedancia que la línea, 120 ohmios [W36] .

Existe el mito de que un cable para micrófono (XLR-3) puede cumplir las funciones de un cable DMX, lo cual es erróneo, pues las características de impedancia de ambos son distintas [W36] .

En la industria del entretenimiento el cable del tipo XLR-5 es el cable estándar, no obstante en algunos casos por motivos prácticos y estéticos se utilizan cables de red, de categoría 5 o mayor, con conectores RJ-45 ya que permiten transmitir la señal DMX con mucha estabilidad [W36] .

Capítulo 4

Diseño de la Instalación

4.1 Introducción

En los siguientes apartados se verá cómo se han definido los distintos sistemas que constituyen la instalación audiovisual y cómo se han seleccionado los equipos que los conforman.

En primer lugar, en el apartado 4.2 se decidirán los sistemas a incluir según las necesidades típicas de un salón de actos polivalente. Posteriormente, en el apartado 4.3 se tratará el sistema de audio, viendo primero el esquema general de interconexión para después entrar en el cálculo del sistema de sonorización y su posterior simulación y terminar con el resto de equipamiento de la instalación de audio.

En el apartado 4.4 se describirán las interconexiones de audio y vídeo sobre par trenzado necesarias para la instalación, así como el equipamiento de emisores, receptores y matrices necesario. En el apartado 4.5 se muestra en primer lugar el esquema general de interconexión de los equipos de vídeo, para después abordar por separado el diseño del sistema de video proyección y videoconferencia, viendo en último lugar el resto de equipamiento cuyo núcleo central es la matriz de vídeo HDMI.

En el apartado 4.6 se realiza el diseño del sistema de iluminación definiendo el tipo, ubicación y número de proyectores y sistema de regulación.

En el apartado 4.7 se describe el sistema de control escogido para el control de todos los sistemas audiovisuales, detallando el equipamiento e interconexiones.

En el apartado 4.8 se describen las cajas de escenario escogidas para la conexión temporal de equipos desde la mesa y atril. En el apartado 4.9 se diseñarán las instalaciones auxiliares necesarias para el funcionamiento del sistema completo como son la instalación eléctrica y de climatización, se definirán los trabajos auxiliares de desmontajes, aperturas de huecos, etc, necesarios para la ejecución de la instalación audiovisual. También se describirá la distribución de equipos en los racks y las tomas de datos mínimas necesarias para la conexión de los equipos con la red de datos existente en el edificio.

Para finalizar el de diseño de la instalación se elaborará un listado del equipamiento completo del auditorio en el apartado 4.10.

4.2 Necesidades del sistema

Las necesidades del sistema a diseñar vienen dadas por el uso que se va a dar al salón de actos, como no existe un cliente concreto en principio su característica principal deberá ser la **polivalencia** de utilización, permitiendo que la celebración de distintos tipos de eventos típicos de un salón de actos: presentaciones, videoconferencias, ruedas de prensa y pequeños conciertos (ya que el escenario no es de grandes dimensiones), así como la grabación de los mismos y el control remoto de los equipos desde la sala de control, todo ello manteniendo la **calidad en el tratamiento de las señales** de audio y vídeo que se manejan y utilizando **equipamiento conforme al estado actual de la tecnología**.

Otra premisa importante es que el sistema será normalmente manejado por personal no especialista en este tipo de instalaciones salvo para grandes eventos, por lo que el sistema de **control** debe ser **sencillo y eficaz** y a su vez debe permitir un mayor nivel de control para el personal especializado.

Para el diseño de la instalación deben tenerse en cuenta no solo los criterios funcionales sino también considerar las futuras labores de mantenimiento de los equipos, de forma que se faciliten en la medida de lo posible.

Por otro lado es importante dotar de **capacidad de ampliación** la instalación tanto en racks, matrices, procesadores, cuadro eléctrico y demás equipo centrales, así como utilizar equipamiento que permita la **compatibilidad** con distinta tipología de equipos para permitir la inclusión de nuevos equipos en un futuro, garantizando el funcionamiento conjunto.

Asimismo se debe definir las instalaciones eléctrica y de refrigeración necesarias para el sistema audiovisual.

Por último, pero no por ello menos importante, es necesario indicar que para la ejecución del proyecto será necesario proteger los suelos, butacas, cristales y demás mobiliario, el tiempo que dure la obra, así como desmontar y montar las placas del falso techo para anclar los equipos a forjado garantizando su sujeción, para lo que también se requerirá el montaje de un andamio. Para el paso del cableado y canalización se deberán realizar algunas aperturas de

huecos, así como su posterior sellado ignífugo para mantener la sectorización de incendios del edificio.

Una vez revisadas las necesidades genéricas del salón de actos, para definir los sistemas audiovisuales necesarios y la funcionalidad y capacidad del equipamiento a incluir se tomará de referencia el documento de la RedIRIS [W53] en el que se incluyen una serie de recomendaciones sobre equipamiento de salas audiovisuales y salones de actos. La RedIRIS es una red académica y de investigación española que proporciona servicios avanzados de comunicaciones a la comunidad científica y universitaria nacional.

A continuación, de acuerdo a las recomendaciones de equipamiento básico necesario para un auditorio polivalente del documento de la RedIRIS, otras referencias [W54][W55] y las visitas realizadas a las instalaciones reales del Matadero de Madrid y del Teatro Español comentadas en el primer apartado, se definen los elementos y sistemas a incluir en la instalación audiovisual del salón de actos objeto del proyecto.

4.2.1 Cabina de control

Es necesario disponer de una cabina de control para centralizar el trabajo de los técnicos, con vista frontal al escenario y en un plano elevado con respecto al patio de butacas [W53] .

Según los planos de arquitectura del salón de actos objeto del presente proyecto, existe una cabina de control situada en la parte superior del auditorio tras las últimas butacas, con una vista frontal y central del escenario, bien ubicada y con dimensiones adecuadas para la instalación de los equipos y el trabajo de los técnicos.

4.2.2 Mesa de presidencia

De cara a la celebración de conferencias, se recomienda contar con una mesa de presidencia con capacidad para varias personas, así como atriles para realizar exposiciones. Ambos tipos de mobiliarios no pueden tener carácter permanente, ya que sólo se utilizarán en determinadas ocasiones. Para ello se utilizarán cajas de conexiones empotradas que puedan ser disimuladas cuando se retira el mobiliario [W53] .

Teniendo en cuenta las dimensiones del escenario del auditorio objeto del proyecto, se incluirá una mesa de presidencia con capacidad para seis personas y un atril, este mobiliario podrá ser retirado en caso de ser necesario para la celebración de distintos tipos de eventos. Para el paso de cableado hacia el atril se utilizará una caja de suelo empotrada en el estrado y otra caja de conexiones empotrada en el propio atril en la que se podrán realizar conexiones de audio, vídeo y de alimentación eléctrica.

Para el paso de cableado a la mesa de presidencia se utilizará la misma solución, una caja de suelo empotrada en el estrado y una caja de conexión empotrada cada dos puestos de la mesa, haciendo un total de tres, para las conexiones de audio, vídeo y alimentación eléctrica de los equipos necesarios durante las exposiciones.

De esta forma las imágenes, vídeos o presentación de un ordenador utilizado en la mesa de presidencia pueden conectarse a una de las cajas de conexiones, enviarse a la sala de control y reproducirse de forma general en la pantalla del salón de actos.

El documento de la RedIRIS [W53] , recomienda contar con un sistema de microfonía de conferencias con funcionalidad de debate que permita la moderación por parte de una unidad de presidencia, así como incluir microfonía inalámbrica.

Particularizando las anteriores recomendaciones a la instalación objeto del presente proyecto se incluirá un sistema de conferencias con seis micrófonos en la mesa de presidencia y un micrófono independiente para el atril. Para hacer la instalación más flexible y permitir moverse al conferenciante o realizar preguntas al público se incluirá microfonía inalámbrica, dos micrófonos de mano y dos de solapa. Un aspecto importante a la hora de escoger los micrófonos será el patrón de directividad de los mismos, que deberá ser cardioide para evitar que el micrófono recoja señales no deseadas generando realimentaciones.

Para completar el equipamiento de la mesa y atril del estado se incluirán 4 pantallas empotradas en el mobiliario, una en el atril y 3 en la mesa que permitan ver a los conferenciantes la señal proyectada en la pantalla o cualquier otra señal que se seleccione en la matriz de vídeo.

4.2.3 Proyección

El documento de la RedIRIS [W53] indica que el sistema de proyección deberá ser gran luminosidad, más de 3000 lúmenes, para proporcionar la suficiente luminosidad y que la propia iluminación de la sala no perjudique demasiado la calidad de la visión y debido a las elevadas distancias de proyección, lo que también genera la necesidad de utilizar una pantalla de grandes dimensiones, entre 4 y 6 metros. También se recomienda que el proyector admita señales de ordenador, XGA o superior, así como señales de vídeo.

Aplicando la anterior guía de diseño como mínimos para el presente proyecto, se ha seleccionado una pantalla de proyección de dimensiones 8,30x3,70m y dos proyectores en el techo sobre el pasillo que se encuentra junto a la sala de control. Los proyectores escogidos utilizan tecnología DLP, con una luminosidad de 7500 lúmenes y admitiendo diversas señales de vídeo HDMI, VGA, 5-BNC, RCA, S-video, etc. Cada uno de ellos proyecta sobre la mitad de la pantalla, permitiendo una sola proyección panorámica mediante la técnica de blending, incorporada en los proyectores.

4.2.4 Videoconferencia

El elemento fundamental de la videoconferencia es el CODEC, en el que es deseable disponer de la posibilidad de utilizar varias tecnologías. Además el documento de la RedIRIS [W53] recomienda contar con varias cámaras, al menos 2, repartidas por la sala para poder captar diversos planos del escenario y del público asistente. Estas cámaras deberán ser controlables de forma remota, haciéndose casi imprescindible contar con equipos de mezcla de imágenes que permitan transiciones y fundidos entre ellas, así como la introducción de efectos.

El sistema de videoconferencia diseñado para el presente proyecto consta de un códec que soporta protocolos H.323 y SIP y que irá instalado en la cabina de control. La señal de vídeo la podrá tomar de cualquiera de las de 3 cámaras distribuidas en diferentes ubicaciones de la sala para captar planos generales del escenario, del público y un plano más cercano del estrado. Las cámaras contarán con un controlador que permitirá manejar su inclinación, giro y zoom mediante botonera y una palanca, además de un mezclador de imágenes que permita efectuar las transiciones de unas a otra y una pantalla específica para visualizar las imágenes de las 3 cámaras y la mezcla.

El audio para la videoconferencia se tomará de los distintos micrófonos equipados en el auditorio, careciendo las cámaras de micrófono. En realidad, el códec de videoconferencia podrá recibir cualquier señal de audio o vídeo que pase por las mesas de audio y vídeo que se instalarán en la sala de control.

4.2.5 Sonido

Las recomendaciones de la RedIRIS [W53] en cuanto a la sonorización contemplan dos aspectos, la mezcla de señales y envíos que se realizará en una mesa de audio y la sonorización de la sala o amplificación. La mesa de audio debe admitir la conexión de todas las señales de micrófonos y de línea, así como el número suficiente de envíos auxiliares en función del número de equipos a utilizar, recomendando al menos una mesa con 24 canales de entrada y 8 salidas auxiliares, siendo aconsejable el empleo de mesas digitales que permiten la grabación de escenas o presets. Las recomendaciones del sistema de microfonía ya han sido comentadas en el apartado de la mesa de presidencia.

Para el auditorio se equipará una mesa de mezclas de audio digital con 16 entradas y una ampliación de 8 adicionales, así como 8 envíos auxiliares. En cuanto a microfonía como se mencionó anteriormente se contará con un sistema específico para conferencias en la mesa del estrado, micrófono independiente en el atril y cuatro micrófonos inalámbricos, dos de mano y dos de solapa, para utilizar en caso de necesidad.

En cuanto al sistema de amplificación la RedIRIS indica que dependerá de las características de la sala como tamaño, geometría, acústica, etc, siendo aconsejable el uso de cajas acústicas de dos vías, medios y agudos, y etapas de potencia correctamente dimensionadas para las cajas acústicas. En caso de ser necesario, por las especiales características acústicas de la sala, se puede recurrir a un equipo anti-feedback, que elimina las realimentaciones mejorando considerablemente la calidad de reproducción y aumentando la ganancia del sistema.

Para la sonorización del salón de actos del proyecto, se equiparán dos line array de gran potencia suspendidos en el techo y dirigidos hacia la audiencia principal, así como unas cajas adicionales situadas en el estrado para refuerzo de las primeras filas, ambas cajas de dos vías. Además se instalarán también suspendidos dos altavoces de subgraves para el refuerzo de la gama de frecuencia de graves.

Se han escogido line-arrays por dos motivos fundamentales, el primero es conseguir sonorizar la sala desde un solo punto, el escenario, sin tener que montar dos líneas de altavoces, para la longitud total de la sala situada en torno a 30m, la mejor opción es utilizar

line arrays que permiten un mayor alcance. El segundo motivo es el control de la direccionalidad en el plano vertical que se consigue con los line array, de forma que el sonido se puede dirigir hacia la zona de la audiencia, reduciendo las reflexiones o efectos indeseados que empeoran la inteligibilidad o la escucha agradable.

Los cálculos para su elección se verán en el apartado de diseño del sistema de audio, incluyendo la selección de las etapas de potencia y un procesador que realiza entre otras las funciones de filtro crossover para enviar las señales a los altavoces por su salida correspondiente. Por otro lado se incorporará un equipo antifeedback para controlar las realimentaciones en tiempo real.

Por otro lado, la RedIRIS [W53] indica que puede ser de gran utilidad disponer de un sistema de distribución de audio, splitters, para permitir la conexión y difusión a medios de comunicación del audio de la sala o del audio de una videoconferencia. De acuerdo a lo anterior, en previsión de realización de eventos con prensa se ubicará una caja de distribución de audio para periodistas en el auditorio objeto de diseño del presente proyecto.

4.2.6 Vídeo

Una vez definido el equipamiento de las cámaras y su sistema de control y mezcla, el códec de videoconferencia, el sistema de videoproyección, las pantallas de la mesa de presidencia y el atril y el resto de posibles señales de vídeo que se pueden conectar a las cajas de conexiones del estrado queda por incluir la matriz de vídeo que distribuirá todas las señales anteriores, permitiendo direccionar cualquier entrada hacia cualquier salida.

El documento de la RedIRIS [W53] recomienda una matriz de 16 entradas y 16 salidas. En el presente proyecto una vez vistos los equipos existentes se ha decidido seleccionar una matriz de vídeo HDMI de 12x12, siendo posible ampliar tarjetas de entradas/salidas adicionales si se requiere en un futuro.

Asimismo, siguiendo las recomendaciones de la RedIRIS [W53] , para permitir que la mezcla de distintas señales de vídeo en una sola, se pueda realizar con cualquier señal de vídeo de la instalación se ha incluido un procesador multiventana, picture in picture.

4.2.7 Equipos de grabación y reproducción de audio y vídeo.

A parte de los anteriores equipos, RedIRIS [W53] , recomienda contar con la posibilidad de grabación y reproducción de audio y vídeo, por lo que se equipará un grabador de audio, un grabador de vídeo HD y un grabador-reproductor de vídeo para distintos formatos CD, DVD, MPEG, etc.

Por otro lado, en la sala de control se contará con un ordenador que permitirá también grabar y reproducir audio y vídeo, incluso se empleará para instalar el software específico de los equipos instalados que permite su configuración.

4.2.8 Interconexión de los sistemas de audio y vídeo

Como se puede suponer las mesas de mezclas de audio y vídeo serán el núcleo de la instalación, permitiendo el reparto de las señales a cualquier equipo de la instalación, como los proyectores, reproductores y grabadores de audio y vídeo en formato digital.

En la figura 84 [W53] se puede ver un diagrama de bloques, extractado del documento de la RedIRIS [W53] , en el que se muestra la interrelación entre los distintos equipos de audio y vídeo de la instalación.

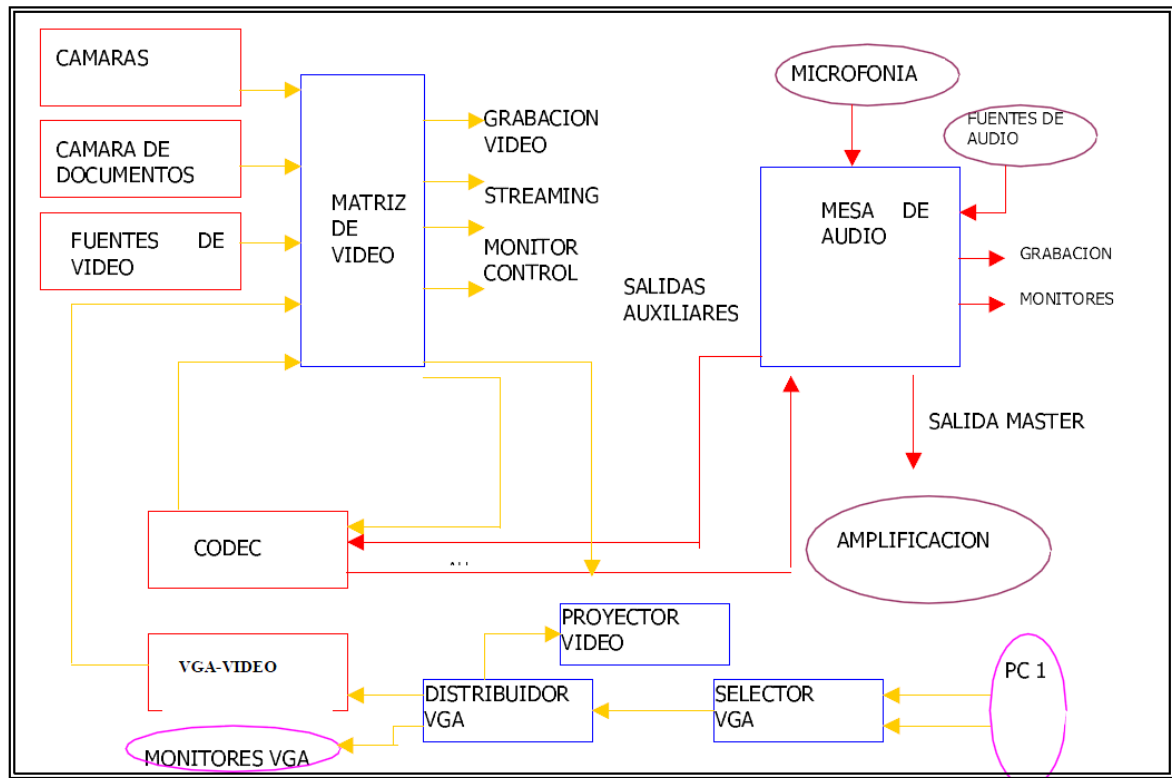


Figura 84. Diagrama de bloques de interconexión de los sistemas de audio y vídeo.

En la instalación particular del presente proyecto para transmitir las señales débiles de audio y vídeo entre el escenario y la sala de control, se opta por emplear cableado de 4 pares trenzados y sus correspondientes equipos de recepción y transmisión. Aunque la distancia entre el escenario y la sala de control, 30 metros, permitiría utilizar cableado de audio y vídeo convencional que debería ser de calidad suficiente para no provocar pérdidas de señal, se prefiere utilizar cableado de par trenzado por las ventajas que presenta en cuanto a facilidad de instalación y versatilidad de conexión.

Para poder distribuir las señales de audio y vídeo con total flexibilidad se utilizará otra matriz adicional de par trenzado que permitirá la conexión de dichas señales a las mesas de mezclas de audio y vídeo utilizando si es necesario conversores previos.

4.2.9 Elementos de control

En cuanto al sistema de control de un salón de actos, la RedIRIS [W53] , lo considera imprescindible para que el manejo de los equipos se realice de una forma sencilla y rápida. Para ello será necesario programar por software específico de fabricante el interfaz de manejo de cada elemento de la instalación.

El núcleo del sistema de control será un procesador central que permitirá enviar órdenes a los distintos equipos de la instalación, desde la iluminación hasta la mesa de mezclas de audio, pasando por la matrices de vídeo, proyectores los grabadores y reproductores de audio y vídeo, etc.

El interfaz del sistema de control con el usuario serán dos pantallas táctiles, en la sala de control se montará una de 8” y en la mesa del estrado una de 6”. Estas permitirán gestionar los eventos y proyecciones de la sala de forma remota permitiendo su utilización por el propio usuario, proporcionará un manejo sencillo permitiendo la ejecución de escenas previamente programadas.

4.2.10 Iluminación

En el documento de la RedIRIS [W53] se recomienda contar con una distribución de circuitos de iluminación para la disposición de focos en el escenario y fuera de él. Todos los circuitos deberán ser regulables mediante dimmers a través de una mesa de luces en la cabina de control.

En el presente proyecto se supondrá que la luz del salón de actos ya cuenta con regulación y únicamente se diseñará la luz de escenario sencilla y realista que permita resaltar lo que ocurre en el escenario. Se basará en focos tipo Fresnel con iluminación frontal y lateral para los efectos de contra.

4.3 Sistema de Audio

Una vez definido el equipamiento necesario en el apartado anterior de una forma general, a continuación se tratará en detalle la selección de equipos para cada instalación, comenzando por el sistema de audio.

El diseño del sistema de audio del auditorio se dividirá en dos partes fundamentales, el sistema de refuerzo sonoro, que tiene la mayor labor de trabajo, cálculo y simulación, y el resto de equipamiento de la instalación de audio que comprenderá la microfonía y otras fuentes de audio, así como los equipos de enrutamiento, mezcla, selección y distribución de señales de audio necesarios.

4.3.1 Esquema de principio

Para tener una idea global de la instalación de audio se mostrará en primer lugar el esquema de principio en el que se pueden ver los diferentes equipos seleccionados así como sus interconexiones y tipo de cableado empleado. A continuación en los siguientes apartados se irá explicando la selección, funcionalidad y características de los mismos.

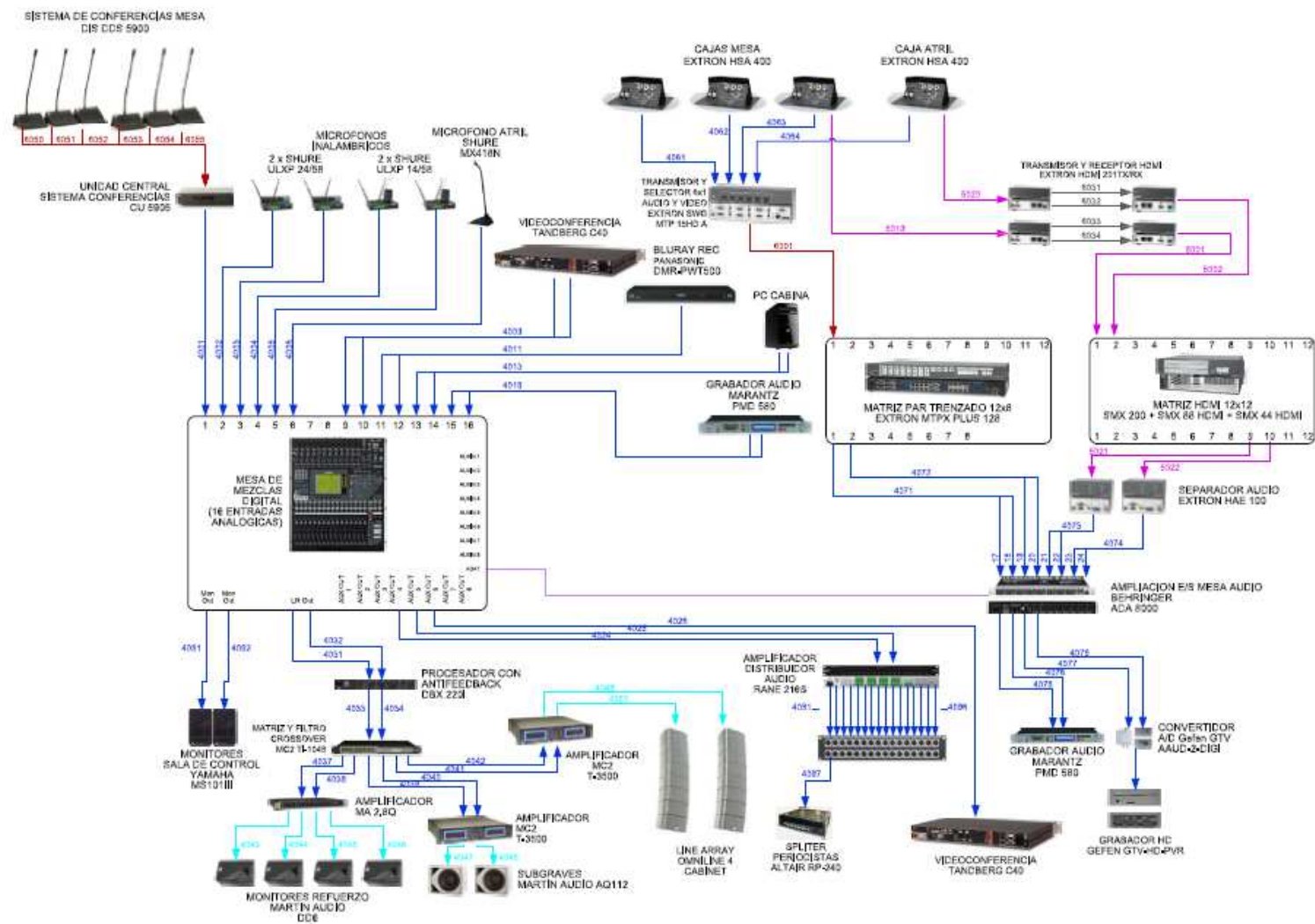


Figura 85. Esquema de principio de la instalación de audio.

Los elementos de sonorización del salón de actos se encuentran en la parte inferior izquierda del esquema, conectados a la salida estéreo principal de la mesa de mezclas. Dicha señal pasa previamente por el procesador con función antifeedback en tiempo real y posteriormente por la matriz y filtro crossover, que distribuye y filtra la señal, por un lado a la etapa de potencia de los altavoces de refuerzo para las primeras filas y por otro a las etapas de potencia de line array y subwoofer. Los monitores de la sala de control se conectan también a la salida de la mesa de mezclas.

El núcleo del sistema de audio es la mesa de mezclas que con sus 24 entradas (16 de la propia mesa+8 de la ampliación de entradas incluida) recibe señales de las fuentes de audio de la instalación como son:

- Sistema de microfonía de conferencias, con 6 micrófonos.
- Un micrófono fijo del atril y 4 micrófonos inalámbricos (2 de mano y 2 de solapa)
- Códec de videoconferencia.
- Reproductor de vídeo.
- PC de cabina.
- Grabador de audio.
- Matriz de par trenzado UTP que recoge las señales de fuentes de audio de las cajas ubicadas en la mesa (3) y atril del estrado (1).
- Matriz HDMI que recoge las señales de las 2 fuentes de vídeo HDMI de las cajas de atril y una de las cajas de la mesa del estrado.

La mesa de mezclas permite procesar y distribuir las anteriores señales de entrada a cualquier otro equipo de la instalación:

- Altavoces de sala de control.
- Sistema de sonorización.
- Salidas de audio para periodistas.
- Códec de videoconferencia.
- Grabador de audio.
- Grabador de vídeo.

Para la transmisión de señales de audio y vídeo desde el escenario a la sala de control se utilizarán cable de par trenzado y los equipos de transmisión y recepción necesarios para ellos, éstos serán explicados posteriormente.

4.3.2 Sistemas de Refuerzo sonoro

En primer lugar se realizará una descripción de las características de la sala, tanto en dimensiones como en materiales constructivos, para después intentar predecir el comportamiento de la sala mediante cálculos teóricos básicos desde los puntos de vista de las distintas teorías acústicas. Posteriormente basándose en los anteriores cálculos se seleccionarán los altavoces y etapas de potencia necesarias y por último se realizará la simulación del sistema de refuerzo sonoro con el programa EASE para validar el diseño elegido.

4.3.2.1 Descripción de la sala

La sala tiene una geometría rectangular en planta cuyas dimensiones son 27x14m. Los primeros asientos del graderío comienzan a nivel de suelo subiendo hasta una altura de 3,6m donde se sitúa la sala de control enfrentada con el escenario. El volumen total de la sala es de $1980 m^3$.

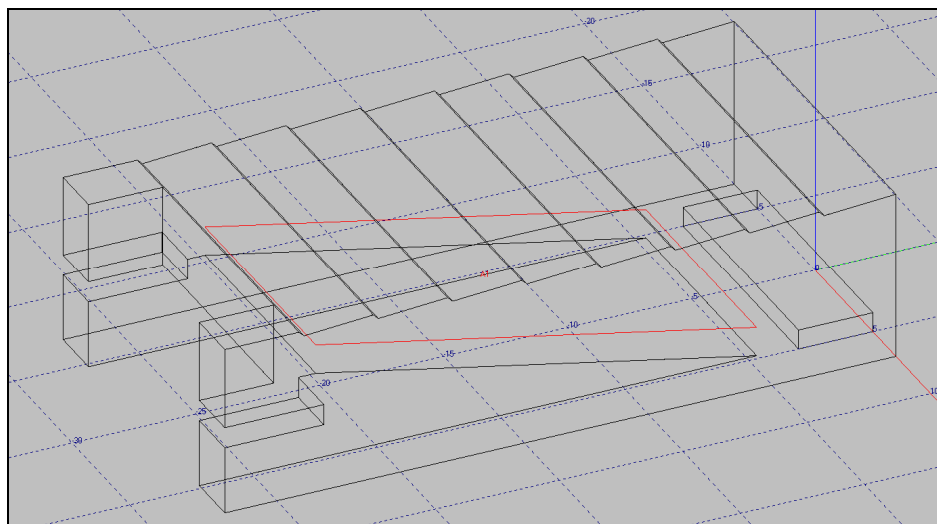


Figura 86. Geometría del salón de actos desarrollada en el software EASE.

Los materiales empleados en la construcción de la sala son los siguientes, para el techo y la pared del estrado se ha escogido un material con muy buenas prestaciones acústicas. Las paredes están constituidas por amplios ventanales de vidrio separados por perfiles metálicos. La sala de control situada en la parte superior del graderío frente al escenario también presenta un frente de cristal. El suelo del salón de actos es de madera, tanto la zona de gradas como el escenario al completo.

4.3.2.2 Cálculos teóricos

a) Teoría estadística

Desde el punto de vista de la teoría estadística podemos calcular el tiempo de reverberación teórico que tiene la sala en función de la geometría y los materiales empleados en su construcción.

Debido a que los materiales de la sala son variados y el coeficiente de absorción medio es menor o igual que 0,2 se utilizará la fórmula de Millington-Sette:

$$TR_{\text{Millington-Sette}} = \frac{0,161 \cdot V}{-\sum_{i=1}^{i=n} S_i \ln(1 - \alpha_i)}$$

Se calculará el valor medio del tiempo de reverberación para las frecuencias de 500Hz y 1KHz

$$TR_{med} = \frac{TR(50Hz) + T(1kHz)}{2}$$

Como el uso del salón de actos, será polivalente el valor recomendado TR_{med} situará entre el de una sala de conferencias (0.7-1) y una sala de conciertos de música de cámara (1,3-1,7) [L5], buscando un equilibrio entre la inteligibilidad de la palabra y la escucha agradable de la música. El TR se deberá situar entre 1,2 y 1,5s para el salón de actos.

A continuación se adjunta el cálculo realizado obteniéndose el valor de $TR_{med}=1,38$ que se encuentra dentro de los valores recomendados para salas polivalentes.

Material	SUPERFICIE (m2)	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN		DENOMINADOR	
		$\alpha_i(500Hz)$	$\alpha_i(1kHz)$	$-\text{SiLn}(1-\alpha_i(500Hz))$	$-\text{SiLn}(1-\alpha_i(1kHz))$
Techos y paredes	608,16	0,2	0,2	135,71	135,71
Paredes laterales	362,36	0,18	0,12	71,91	46,32
Sala de control	31,68	0,1	0,07	3,34	2,30
Escenario	42	0,04	0,05	1,71	2,15
Suelo	341,66	0,1	0,08	36,00	28,49
				248,67	214,97

TR (500Hz) (s)	1,28
TR (1kHz) (s)	1,48
TR med (s)	1,38

Tabla 5. Tabla de cálculo tiempo reverberación salón de actos.

b) Teoría geométrica

La teoría geométrica no nos permite sacar demasiadas conclusiones a priori sin realizar la simulación aunque, simplemente observando la geometría de la sala construida se puede comprobar que la orientación de las placas de techo, en forma de diente de sierra, dirigirá el sonido hacia la grada.

En la siguiente vista lateral del auditorio se puede observar la geometría del techo y una estimación de la trayectoria que seguirán las primeras reflexiones en el techo distribuyendo el sonido por todo el graderío.

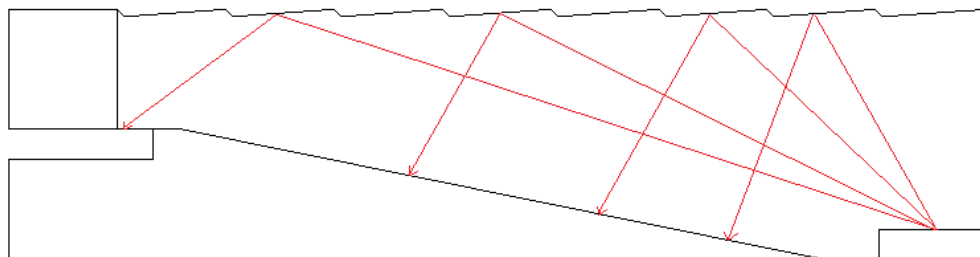


Figura 87. Vista lateral del techo del auditorio y estimación de primeras reflexiones con la teoría geométrica.

c) Teoría Ondulatoria:

Como se vio en la parte teórica del apartado 3 del presente proyecto en los recintos cerrados en los que existe un movimiento ondulatorio como es el sonido, es inevitable la formación de ondas estacionarias, estas aparecen cuando las paredes del recinto bloquean la propagación de una onda y provoca la reflexión de la misma en el sentido opuesto, interfiriendo con la onda inicial.

Lo primero que se calculará será la frecuencia crítica, a partir de la cual este efecto de la coloración del sonido por los modos propios desaparece, debido a la alta densidad de modos propios que genera un campo difuso:

$$f_c = 1849 \sqrt{\frac{TR_m}{V}} = 1849 \sqrt{\frac{1,38}{1980}} = 48,8 \text{ Hz}$$

Por tanto podemos tener problemas de ondas estacionarias entre las frecuencias de 20Hz a 48,8Hz.

Si se simplifica la geometría del salón de actos y se asimila a un paralelepípedo dimensiones $L_x, L_y, L_z = 27\text{m}, 14\text{m}, 6,9\text{m}$) la solución de la ecuación de onda se simplifica y se puede conocer las frecuencias exactas de resonancia mediante la ecuación de Rayleigh:

$$f_{k,m,n} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{k}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{m}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n}{L_z}\right)^2} \quad (13)$$

donde:

c : velocidad del sonido (m/s), 341 m/s a 20°C y a nivel del mar
 k, m, n pueden tomar cualquier valor entero (0, 1, 2, 3,...).

Las ondas estacionarias más simples son aquellas formadas por ondas sonoras de baja frecuencia al entrar en resonancia entre dos superficies enfrentadas en una sala. Estos son los llamados modos axiales, cuyas frecuencias de resonancia para las dimensiones del salón de actos son:

$$\begin{aligned} f_{1,0,0} &= \frac{c}{2L_x} = \frac{340}{2 \cdot 27} = 6,29 \text{ Hz} \\ f_{0,1,0} &= \frac{c}{2L_y} = \frac{340}{2 \cdot 14} = 12,14 \text{ Hz} \\ f_{0,0,1} &= \frac{c}{2L_z} = \frac{340}{2 \cdot 6,9} = 24,6 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Según estos resultados el único caso de onda estacionaria que se podría encontrar dentro del rango audible y hasta la frecuencia crítica de 48,8Hz es el que se produce a 24,6Hz entre techo y suelo. No obstante, se considera que dicho efecto no se producirá en la práctica ya que dichas superficies no son realmente paralelas en la mayor parte de la sala, ya que el techo está construido en forma de diente de sierra y el suelo es una rampa para incorporar la grada.

d) Sonorización.

En el siguiente apartado se hallarán los parámetros básicos del sistema de sonorización con los siguientes objetivos [A2] :

- Obtener un nivel sonoro suficiente para toda la audiencia, superando el nivel de ruido ambiente en 25dB, evitando la realimentación.
- Alcanzar la máxima fidelidad.
- Conseguir la inteligibilidad del mensaje.
- Lograr uniformidad en el recubrimiento, con una diferencia de niveles máxima entre las distintas zonas de la audiencia de $\pm 3\text{dB}$.

Se seguirán los pasos indicados anteriormente en apartado teórico:

1. **Medir el ruido de fondo y el nivel del orador a un metro.** Se supone un ruido de fondo de 30dB y el nivel de presión sonora de un orador sin refuerzo sonoro a 1m de 65dB.
2. **Determinar la distancia acústica equivalente (EAD).** Supondremos un objetivo de nivel de presión sonora del sistema de refuerzo sonoro de unos 88dB, como valor máximo para reproducción de música a alto nivel.

$$EAD = 10^{\frac{65 - SPL_2}{20}} = 10^{\frac{65 - 88}{20}} = 0,07m$$

$$EAD_{maz} = 10^{\frac{40 - SPL_N}{20}} = 10^{\frac{40 - 30}{20}} = 3,16m$$

Como $EAD < EAD_{maz}$ la sonorización será agradable, a falta de revisar el resto de parámetros que la caracterizan.

3. **Calcular la Ganancia Acústica Necesaria (NAG) para el oyente más alejado o la zona de la audiencia que tenga menor nivel acústico.**

El punto más alejado está a unos 22m y sería necesaria la siguiente ganancia acústica para superar en 25dB el ruido ambiente de 30dB:

$$NAG = 20 \log \frac{D_0}{EAD_{max}} = 20 \log D_0 + SPL_N - 40 = 20 \log 22 + 30 - 40 = 16,8\text{dB}$$

4. **Comprobar que la Ganancia Acústica Potencial (PAG, máximo valor posible de la ganancia acústica que se puede obtener de un sistema de refuerzo sonoro sin que aparezca el fenómeno de realimentación), es superior o igual al NAG, si no fuera así es necesario volver a diseñar el sistema.**

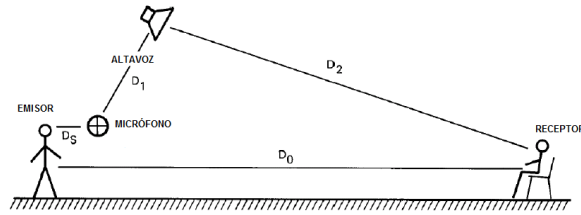


Figura 88. Sistema sonorización básico.

$$PAG = 20 \log \frac{D_0 \cdot D_1}{D_s \cdot D_2} - 6 = 20 \log \frac{22 \cdot 4}{0,2 \cdot 19} - 6 = 21,3dB \rangle NAG$$

Siendo D_0 , D_1 , D_2 y D_s las distancias mostradas en la figura 88 [W15].

5. Elegir una Ganancia Acústica para el diseño.

Se escoge una ganancia de 20dB para el diseño ($65+20=85dB$), que no podrá superar los 21,3dB porque se produciría realimentación.

No obstante, como se verá posteriormente, se va a introducir un equipo específico de cancelación de realimentación para que no esté limitada la ganancia del sistema.

6. Seleccionar la sensibilidad del altavoz y la etapa de potencia.

Teniendo que se incluirá un procesador para eliminar la realimentación en tiempo real, se fijará un nivel de presión sonora objetivo de 88dB.

$$P_E = 10^{\frac{SPL_2 - S_a + 20 \log D_2 + 10}{10}} = 10^{\frac{88 - 96 + 20 \log 19 + 10}{10}} = 562W$$

4.3.2.3 Elección de altavoces y etapas de potencia. Equipamiento sonorización.

Para la sonorización del auditorio desde una sola ubicación se utilizarán dos altavoces line-array de dos vías para las frecuencias medias y altas y dos altavoces independientes para los graves, subgraves o subwoofer. Su montaje se realizará anclado a techo.

Por otro lado para que la uniformidad sea adecuada se añadirán cuatro altavoces de refuerzo de 2 vías para reforzar las medias y altas frecuencias de las primeras filas, ya que la curvatura de los line array no permite cubrir esta zona. Estos altavoces se ubicarán encastrados en el escenario

Todos estos altavoces llevarán un equipo previo y común para cancelar la realimentación, así como un procesador previo para distribuir y dividir la señal proveniente de la mesa de mezclas aplicando los filtros de crossover necesarios y ganancias o atenuaciones necesarias.

El esquema de conexionado de los anteriores equipos se puede ver en la siguiente figura extracto del esquema de principio de la instalación. La señal de entrada a los altavoces de sonorización es la salida estéreo principal de la mesa de mezclas.

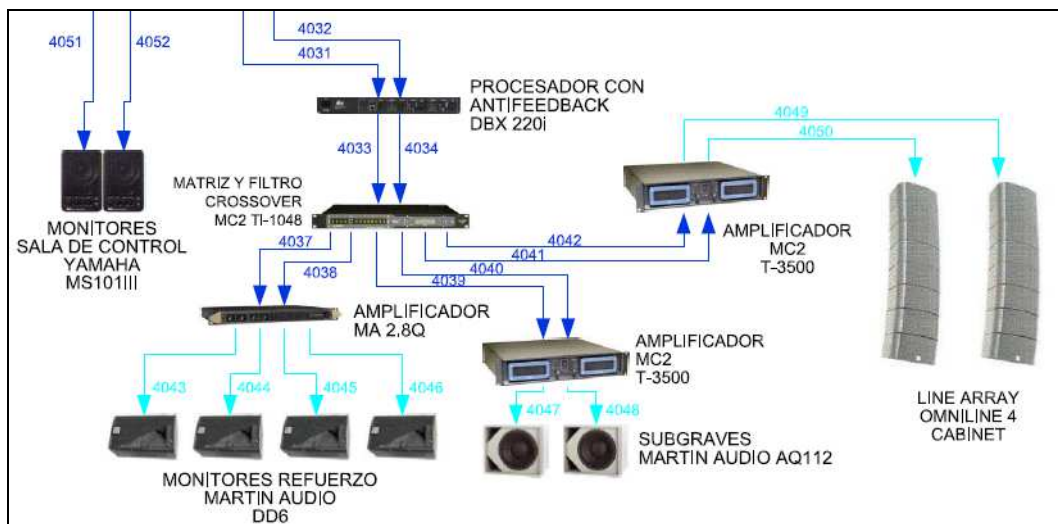


Figura 89. Conexionado sistema de sonorización.

a) Line array [F26]

Se trata de dos line array constituido por 12 módulos. Cada módulo está formado por altavoces de dos vías con cinco tweeter de domo blando de 0.55" y dos altavoces de 3.5" para medios y graves.

Se escoge un sistema line array para conseguir la sonorización del auditorio desde un único punto, ya que según se vio anteriormente:

- Presentan una menor atenuación con la distancia que los altavoces convencionales. Según la hoja de características del fabricante con 12 módulos tendríamos una distancia máxima de cobertura de 25 a 30m.
- Su ángulo de cobertura vertical es estrecho minimizando la reverberación en zonas no deseadas por lo que se aumenta la inteligibilidad y la escucha agradable. En el caso del sistema que nos ocupa, el diseño del line array, con distancias de 21mm entre los cinco tweeters permite un patrón de directividad sin lóbulos para todo el rango de frecuencias medias y altas, como se puede ver en la figura 90 [F26] .

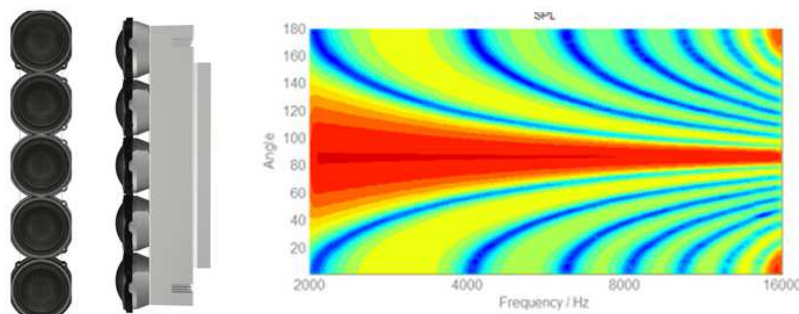


Figura 90. Cobertura Vertical Line Array.

- El diseño en la construcción del altavoz permite que la suma de las contribuciones de todos los altavoces que lo forman sea coherente.

- Para la correcta configuración de un line array es necesario utilizar el software específico de predicción y ajuste.

Las especificaciones técnicas básicas de un módulo son:

- Altavoz de 2 vías.
- Respuesta en frecuencia 85Hz-20KHz \pm 3dB/ -10dB @76Hz
- Impedancia: 16 Ω
- Potencia: 50 W AES, 200 W pico
- Sensibilidad (1 W/1 m): 84 dB SPL
- SPL máximo: 104 dB (cont. max SPL / 1 m) 110 dB (SPL pico / 1 m)
- Frecuencias crossover: 2.5 kHz pasivo
- Dispersión: 100° x 5° (horizontal x vertical)
- Conectores: Clema de 4 polos
- Dimensiones: (alto x ancho x profundo): 11.5 x 24.6 x 19.8 cm
- Peso: 3,6 kg

Las especificaciones técnicas del array son las mostradas en la figura 91 [F26] :

No. of modules	4	8	16	32
Sensitivity (6), (2.83V)	96dB	96dB	102dB	102dB
Impedance	4 ohms	8 ohms	4 ohms	8 ohms
Power handling (Watts, AES)	200 cont.	400 cont.	800 cont.	1600 cont.
	800 peak	1600 peak	3200 peak	6400 peak
Maximum SPL (cont./peak)	116dB/122dB	122dB/128dB	128dB/134dB	134dB/140dB
Max coverage distance	8-12m	16-25m	25-40m	45-60m
Array length	0.47m	0.94m	1.9m	3.7m
Array mass	14.4kg	28.8kg	57.6kg	115.2kg

Figura 91. Características Line Array.

Se escogen los 12 módulos porque según el cálculo de sonorización se necesita unos 600W (potencia continua) para conseguir los niveles deseados, además con los 12 módulos se puede cubrir de forma holgada la distancia máxima a una butaca, 19m, y la distancia máxima del auditorio que son 27m. En realidad los 12 módulos de cada lado están constituidos por 3 módulos de 4, teniendo una longitud total de 1,41m y un peso de 43,2kg.

b) Subwoofer [F16]

Para mejorar la reproducción de graves del line array se utilizan dos altavoces de subgraves con cono de 12" montado en caja, que reproducen con alta calidad sonidos por debajo de 120Hz. Se muestra en la figura 92 [F16]



Figura 92. Subwoofer.

Las especificaciones técnicas del altavoz son:

- Subwoofer 12"
- Impedancia: 8Ω
- Potencia: 400 W AES / 1600W de pico
- Sensibilidad (1 W/1 m): 96 dB SPL nominal
- Máximo SPL: 120dB (cont. máx. SPL/1 m) 132B (SPL pico)
- Respuesta en frecuencia: 48 Hz-150 Hz \pm 3 dB
- Frecuencia crossover activo: 120 Hz
- Dimensiones (alto x ancho x profundo): 38,5x47,5x41cm
- Peso 21,5 kg

c) Etapas de potencia para line array y subwoofer

Para el line array y el altavoz de subgraves se utilizará el mismo modelo de etapa de potencia, aunque habrá una etapa independiente para cada uno de ellos, ya que las señales que llegan a cada uno de ellos son diferentes, divididas previamente por el filtro de crossover. Las dos unidades se instalarán en rack de la sala de control.

Es un amplificador de potencia optimizado para trabajar con un bajo calentamiento y excelente respuesta en frecuencias bajas. Se muestra en la figura 93 [F6]



Figura 93. Etapa de potencia línea array y subwoofer.

Las especificaciones técnicas de la etapa de potencia son:

- Admiten cargas de 4Ω y 8Ω , para las que entrega una potencia de 1850W y 1000W.
- Ganancias de hasta 32-36dB.
- Alimentación a 240V AC, monofásica.
- Entradas balanceadas (XLR), salidas stack balanceadas (XLR) y conectores de carga Speakon
- Sistema ANTICLIP inteligente: siempre activo. Limita la distorsión armónica controlando el comportamiento transitorio de la señal de entrada
- Espacio ocupado: 2 unidades de rack.
- Dimensiones (altoxanchoxprofundo): 8,8x48,2x46cm
- Peso 22,7kg

En el caso del line array de 12 módulos el fabricante recomienda agrupar los altavoces en 4Ω y 8Ω por separado, no obstante en este caso se conectarán los módulos de 4 altavoces con impedancia 4Ω en serie, de forma que la carga total que verá la etapa será 12Ω . Como la etapa de potencia suministra 1000W para 8Ω lo único que sucederá es que la potencia entregada será menor, unos 666W, pero suficiente para conseguir los 600W de potencia que se necesitan según el cálculo de sonorización. Esto no perjudica en ningún caso a la etapa de potencia.

Cada etapa recibe 2 señales de entrada balanceadas y envía dos salidas balanceadas, entradas y salidas con conexiones XLR.

d) Altavoces de refuerzo y etapa de potencia [F16] .

Se ubican cuatro altavoces de refuerzo de frecuencias medias y altas para las primeras filas del auditorio. En este caso el alcance debe ser menor que el calculado en la sonorización y será suficiente con una potencia de 150W continua. El nivel deberá ajustarse durante las pruebas de la instalación para conseguir uniformidad en la distribución del sonido junto con los line array y los altavoces de subgraves.

La etapa de potencia será independiente para permitir su regulación aislada y la adaptación de la señal aplicada al mismo y su ajuste al rango óptimo de frecuencias de reproducción de los altavoces de refuerzo. Los altavoces de refuerzo y su etapa de potencia asociada se muestran en la figura 94 [F16]



Figura 94. Altavoz de refuerzo y su etapa de potencia.

Las especificaciones técnicas del altavoz son:

- Impedancia: 16Ω
- Potencia: 150W AES/600W de pico
- Sensibilidad (1 W/1 m): 91dB
- Máximo SPL: 113dB (cont. máx. SPL/1 m), 119dB (SPL pico)
- Respuesta en frecuencia: 45 Hz-120 Hz ± 3 dB/-10dB @ 40Hz
- Frecuencia crossover pasivo: 3,7kHz
- Dimensiones (alto x ancho x profundo): 35,9x19x20,7cm
- Peso 5,9kg

La etapa de potencia será independiente a la de los line array y subwoofer con las siguientes características:

- Admiten cargas de 4Ω y 8Ω , para las que entrega una potencia de 700W y 360W.
- Ganancias de hasta 32dB.
- Alimentación a 240V AC, monofásica.
- 4 Entradas balanceadas (XLR), 4 salidas balanceadas con conectores de carga Speakon
- Espacio ocupado: 1 unidades de rack.
- Dimensiones (altoxanchoxprofundo): 4,4x48,3x35,8cm
- Peso 7.3 kg

Al igual que ocurría en el caso de los line array al ser la impedancia del altavoz, 16Ω , mayor que la de la etapa de potencia, no hay problema, lo único que hay que tener en cuenta es que consiga dar los 150W que requiere el altavoz.

La etapa de potencia recibe 2 señales de entrada balanceadas con conexiones XLR y genera dos salidas balanceadas con conexiones Speakon.

e) Procesador con antifeedback [F27] .

Se sitúa tras la salida master de la mesa de mezclas, es un procesador con dos entradas (L/R) y dos salidas (L/R) que realiza diversas funciones programables que permiten ajustar la señal que se escuchará en el salón de actos. Las funciones soportadas son ecualización gráfica y paramétrica (pre y post), matriz 2x2, control automático de ganancia (AGC), de-esser, ducker, compresor, limitador, puerta de ruido, filtrado notch y paso banda, delay y supresión avanzada de la realimentación (AFS). Se muestra en la figura 95 [F27]



Figura 95. Procesador con Antifeedback.

Esta última función es muy importante ya que permite eliminar la realimentación en tiempo real, el equipo incorpora un preciso detector de la frecuencia que causa la realimentación, con un ancho de banda lo suficientemente estrecho para eliminar únicamente la frecuencia no deseada y no afectar al resto de la señal. De esta forma, la ganancia del sistema de sonorización puede aumentarse más de los 21dB que se había estimado en los cálculos de sonorización.

Las entradas pueden ser de micro o de línea XLR, en este caso se utilizarán las entradas de línea desde la mesa de mezclas de audio y las salidas con conectores XLR. Presenta también entrada RS.232 para conectarse a un PC y manejarlo desde una interfaz gráfica.

Las especificaciones técnicas básicas del equipo son:

- Rango dinámico >110dBA
- Consumo: 12W, 230V AC.

- 2 entradas balanceadas (XLR o euroblock) y 2 salidas balanceadas (XLR o euroblock)
- Respuesta en frecuencia: 20Hz-20kHz \pm 0,5dB
- Dimensiones (alto x ancho x profundo): 4,4x48,2x14,6cm
- Peso 2,5kg

f) Matriz y filtro crossover [F6]

Se sitúa tras el procesador de sala anterior, permite dividir la señal estéreo de salida máster de la mesa en 3 señales estéreo diferentes, una para los altavoces de refuerzo y otras dos para los line array y subwoofer, incorporando para ello filtros crossover. Además presenta otras funcionalidades como ecualizador dual canal multi función con compresor, limitador y retardos. Se muestra en la figura 96 [F6]



Figura 96. Matriz y filtro crossover.

Las especificaciones técnicas básicas del equipo son:

- Matriz digital totalmente configurable de 4 entradas x 8 salidas.
- Ecualización gráfica de 28 bandas y paramétrica de 8 filtros por entrada.
- Cada salida cuenta con filtros de crossover de 6 a 48 dB/oct. y hasta 9 de ecualización paramétrica con pendientes seleccionables (Bandpass, Allpass, Notch, Vari-Q, Shelf & Elliptical), delay, inversión de fase, ganancia y limitación “D-max”.
- Entradas y salidas analógicas electrónicamente balanceadas con conectores Phoenix y digitales con convertidores de 24 bits – 96 kHz.
- Software de control iCore en tiempo real vía RS485 ó USB.
- Consumo:<30W, 230V AC.
- Dimensiones (alto x ancho x profundo): 4,4x48,2x30cm
- Peso 3,3kg

La matriz y filtro crossover recibe la señal estéreo de entrada del procesador antifeedback mediante cable balanceado con conectores Phoenix y envía las 3 señales estéreo de salida a través de cable balanceado y conectores Phoenix.

4.3.2.4 Simulación

A continuación se describirá la simulación realizada con el software de simulación acústica EASE.

a) Teorías utilizadas por el software.

El programa de simulación acústica EASE hace uso de dos teorías para sus cálculos. La teoría estadística de acuerdo a Eyring o Sabine, incluso permitiendo introducir tiempos de

reverberación reales. Y la teoría geométrica en una de sus módulos de cálculo/simulación a través del ray-tracing.

Estas dos teorías permiten obtener una visión bastante aproximada de lo que será el campo sonoro en la sala.

b) Geometría y materiales

El primer paso para realizar la sonorización con el programa de simulación acústica EASE es crear la geometría de la sala mostrada anteriormente, asignando los materiales a cada una de las superficies que conforman la sala.

- **Paredes laterales:** material “WINDOW DS”, doble panel de cristal (superficie F1).
- **Cristal sala de control:** material “WINDOW SP”, panel simple de cristal (superficies F26 y F26*).
- **Techo y pared estrado:** material “à = 20%”, con un coeficiente de absorción de un 20% (superficies F9 a F23 y F32 y F7).
- **Estrado:** material “WOOFER CON”, madera sobre hormigón (superficies F4, F4*, F5, F6).
- **Suelo:** material “WOOD FLR”, placas de madera (superficies F31, F27, F30).

En la siguiente figura se puede observar el listado de materiales empleados en todas las superficies de la sala y la visión en 3 dimensiones del auditorio según los colores asignados a los materiales de la sala, apareciendo en color rojo la superficie de audiencia utilizada para el cálculo.

#	G	Item	Image	Vis	Img	Face Material	Color	2-Fold	Rear Material	Rear Clk.	Face Texture	Rear Texture	Surface [m²]	Shading	Locked	Sides
1		F1	-	Yes	Yes	WINDOW SP	16777088	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	31.68	Yes	No	4
2		F2	F2*	Yes	Yes	ABSORBER	5197647	No	ABSORBER	16777215			9.90	Yes	No	4
3		F3	F3*	Yes	Yes	ABSORBER	5197647	No	ABSORBER	16777215			7.26	No	No	4
4		F4	F4*	Yes	Yes	WOOFER CON	16512	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	2.40	Yes	No	4
5		F5	-	Yes	Yes	WOOFER CON	16512	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	8.00	Yes	No	4
6		F6	-	Yes	Yes	WOOFER CON	16512	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	30.00	Yes	No	4
7		F7	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	88.60	No	No	8
8		F8	F8*	Yes	Yes	ABSORBER	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	6.60	No	No	4
9		F9	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	3.96	Yes	No	6
10		F10	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	39.30	Yes	No	4
11		F11	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	3.96	Yes	No	4
12		F12	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	3.96	Yes	No	4
13		F13	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	39.30	Yes	No	4
14		F14	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	3.96	Yes	No	4
15		F15	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	39.30	Yes	No	4
16		F16	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	3.96	Yes	No	4
17		F17	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	39.30	Yes	No	4
18		F18	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	3.96	Yes	No	4
19		F19	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	39.30	Yes	No	4
20		F20	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	3.96	Yes	No	4
21		F21	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	39.30	Yes	No	4
22		F22	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	3.96	No	No	4
23		F23	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	40.70	Yes	No	4
24		F24	F24*	Yes	Yes	ABSORBER	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	6.05	No	No	4
25		F25	F25*	Yes	Yes	ABSORBER	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	8.80	Yes	No	4
26		F26	F26*	Yes	Yes	WINDOW DS	16777088	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	181.18	No	No	25
27		F27	-	Yes	No	WOOD FLR	16512	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	174.34	Yes	No	4
28		F28	F28*	Yes	Yes	ABSORBER	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	45.56	Yes	No	6
29		F29	F29*	Yes	Yes	ABSORBER	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	1.87	Yes	No	4
30		F30	-	Yes	Yes	WOOD FLR	16512	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	33.92	Yes	No	12
31		F31	-	Yes	Yes	WOOD FLR	16512	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	133.40	No	No	14
32		F32	-	Yes	Yes	à = 20%	5197647	No	ABSORBER	16777215	WALL	WALL	39.30	Yes	No	4

Figura 97. Listado de materiales empleados en las superficies del auditorio.

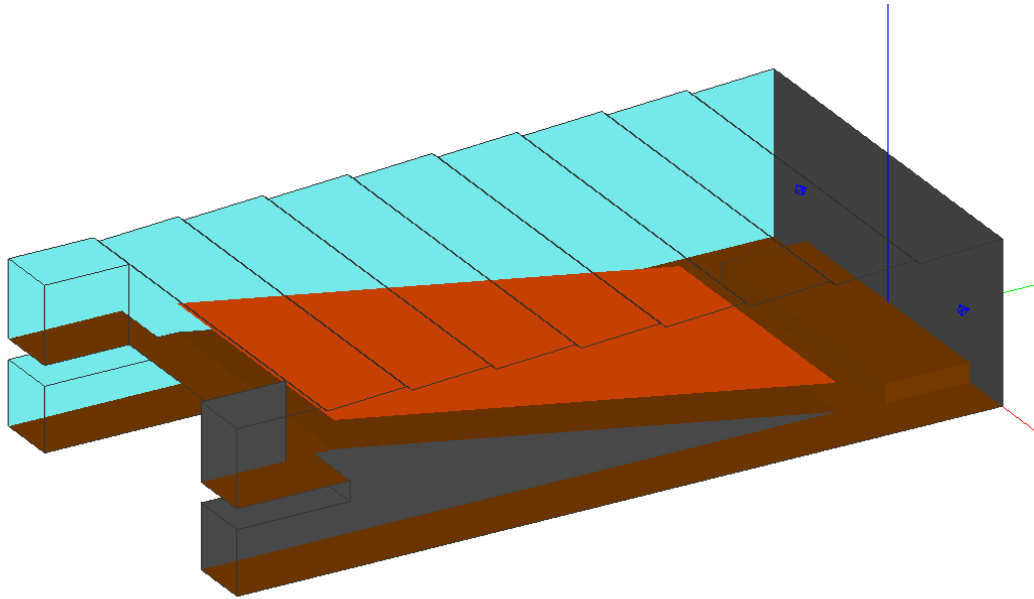


Figura 98. Geometría de la sala con colores asignados según materiales empleados.

c) Resultados simulación

Para realizar la simulación se debe crear primero un área de audiencia sobre la cual se realizarán los cálculos, esa área se denomina A1 y está situada sobre la grada a 1,20m, según se muestra en la figura anterior.

En la simulación únicamente se incluirán los dos altavoces line array por ser los más importantes y los más complejos de ajustar en el sistema de sonorización. En el resto de altavoces, subwoofer y altavoces de refuerzo, lo único que habrá que ajustar en la puesta en marcha es la ganancia para conseguir uniformidad en todo el auditorio.

La ubicación y direccionamiento de los altavoces se muestra en la siguiente figura.

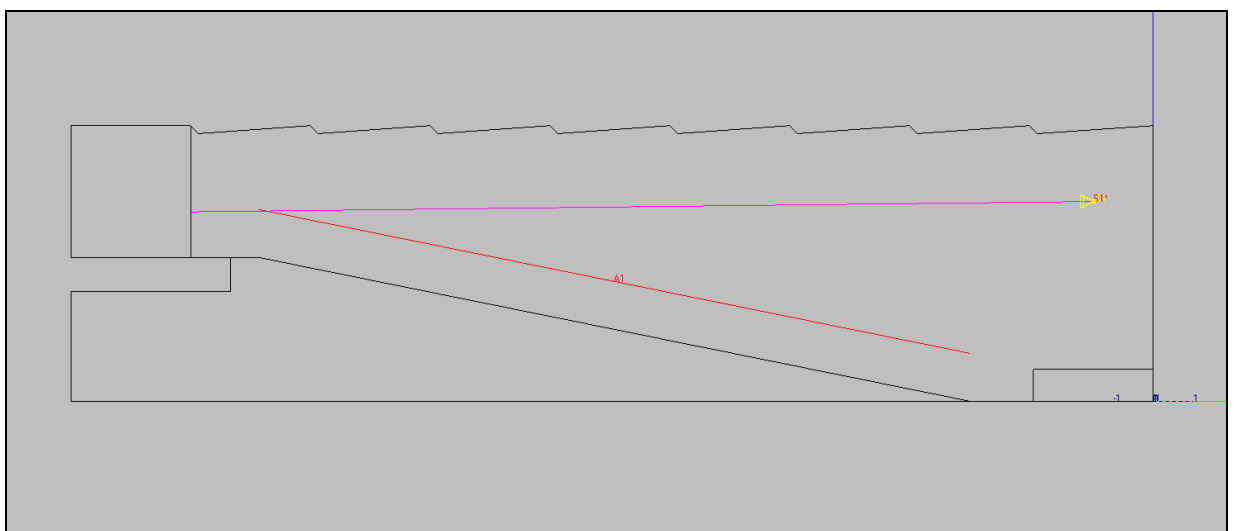


Figura 99. Ubicación y direccionamiento de los line array.

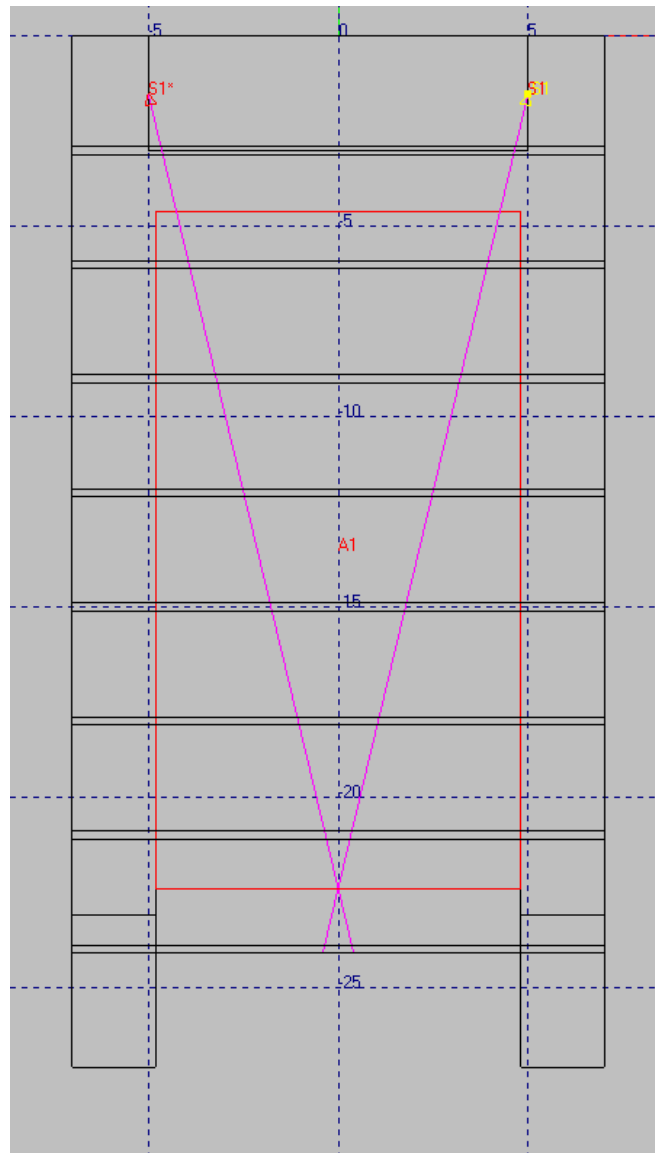


Figura 100. Ubicación y direccionamiento de los line array.

Posteriormente se introducen todos los datos para realizar los cálculos, se escogen los altavoces que intervendrán en la simulación las áreas de la audiencia donde se calcularán los distintos resultados, el nivel de ruido existente que se fijará en 30dB para todas las frecuencias, se tendrán en cuenta todas las superficies de la sala y se considerará un tiempo de 20ms (split time) como el límite entre sonido directo y reverberante.

A continuación se irán viendo los parámetros más significativos de los cálculos para prever el comportamiento de la sonorización escogida.

El primer resultado es el nivel de presión sonora total en toda la banda de frecuencias en dBA para el área de la audiencia. En la figura se observa que el nivel de presión sonora total conseguido es de $102\text{dB} \pm 1\text{dB}$ por los valores de SPL son los requeridos y la uniformidad es también muy buena.

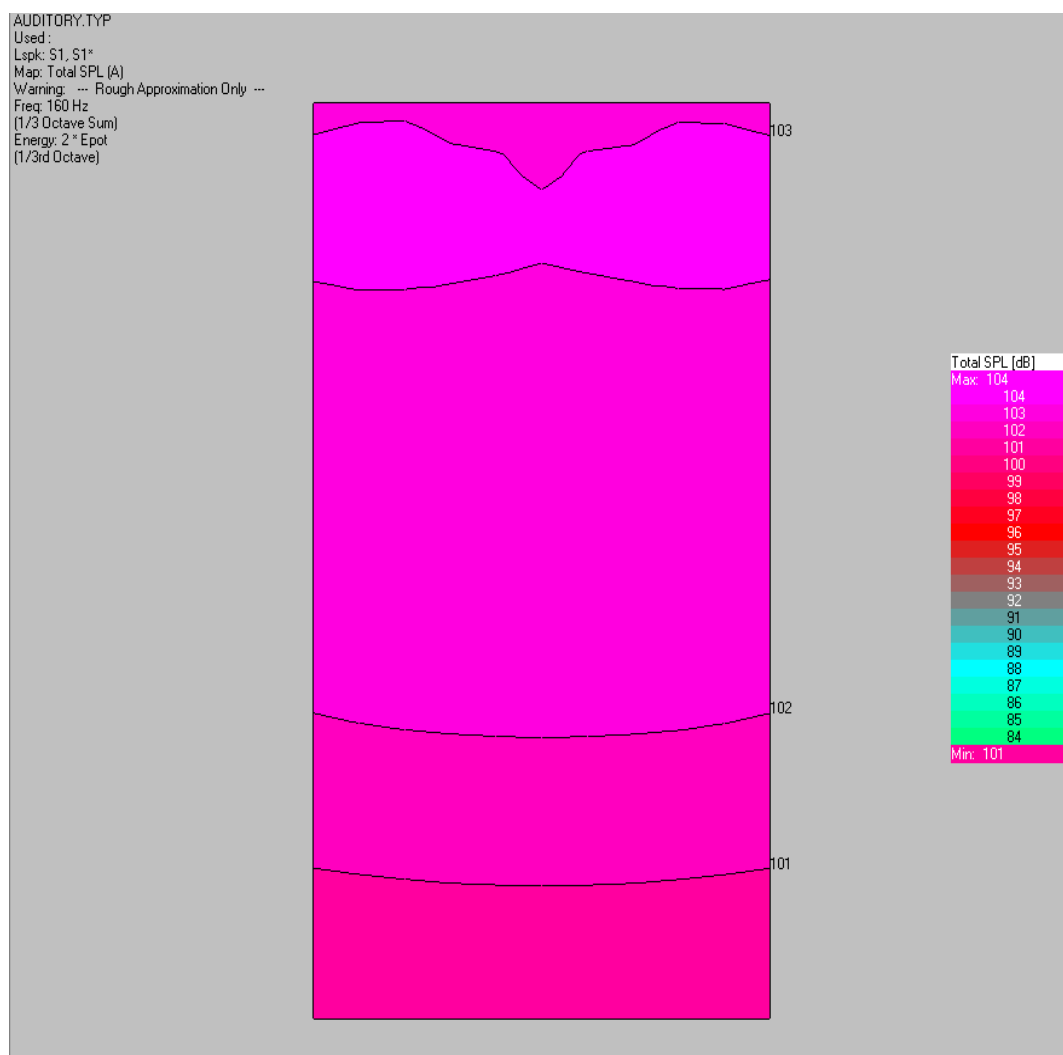


Figura 101. Distribución de SPL total en dBA.

Si se observa el gráfico de niveles de presión sonora directa en toda la banda de frecuencias en dBA vemos que la uniformidad es mucho menor que en el caso anterior del SPL total, esto nos indica que las reflexiones en las superficies de la sala, fundamentalmente en el techo mejoran la distribución del campo sonoro haciéndolo más difuso y consiguiendo un mayor nivel en toda la sala y en particular en la zona más lejana del escenario, hasta 10 dB más. Este gráfico también nos permite observar que en la zona central del auditorio existe una contribución en fase de los dos line array, generándose mayores niveles en esta zona central, con el software específico de los line array se podrá ajustar con precisión estos detalles y mejorar la cobertura y uniformidad del campo sonoro, no obstante como se ha visto en el gráfico anterior el resultado final considerando la reverberación es muy bueno en cuanto a la uniformidad.

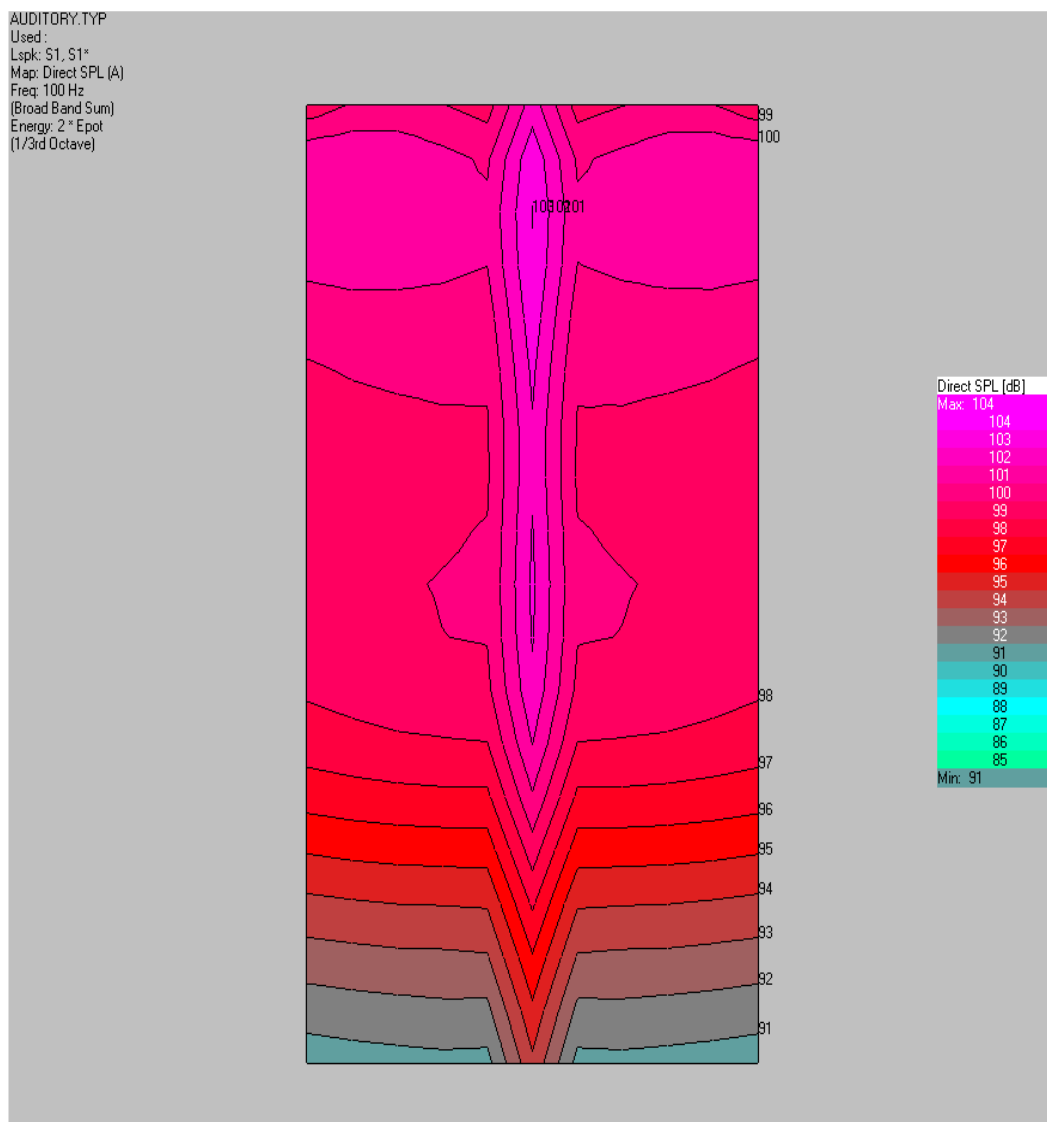


Figura 102. Distribución de SPL total en dBA.

En el siguiente gráfico se muestra el índice ALCons, el porcentaje de pérdida de la articulación de las consonantes, que en todos los casos es menor que 5 por lo que la inteligibilidad de la palabra es buena. En cuanto a la distribución se puede observar que el porcentaje de pérdida aumenta conforme la distancia al escenario es mayor, pero no en grandes porcentajes, variando de 3 a 5%.

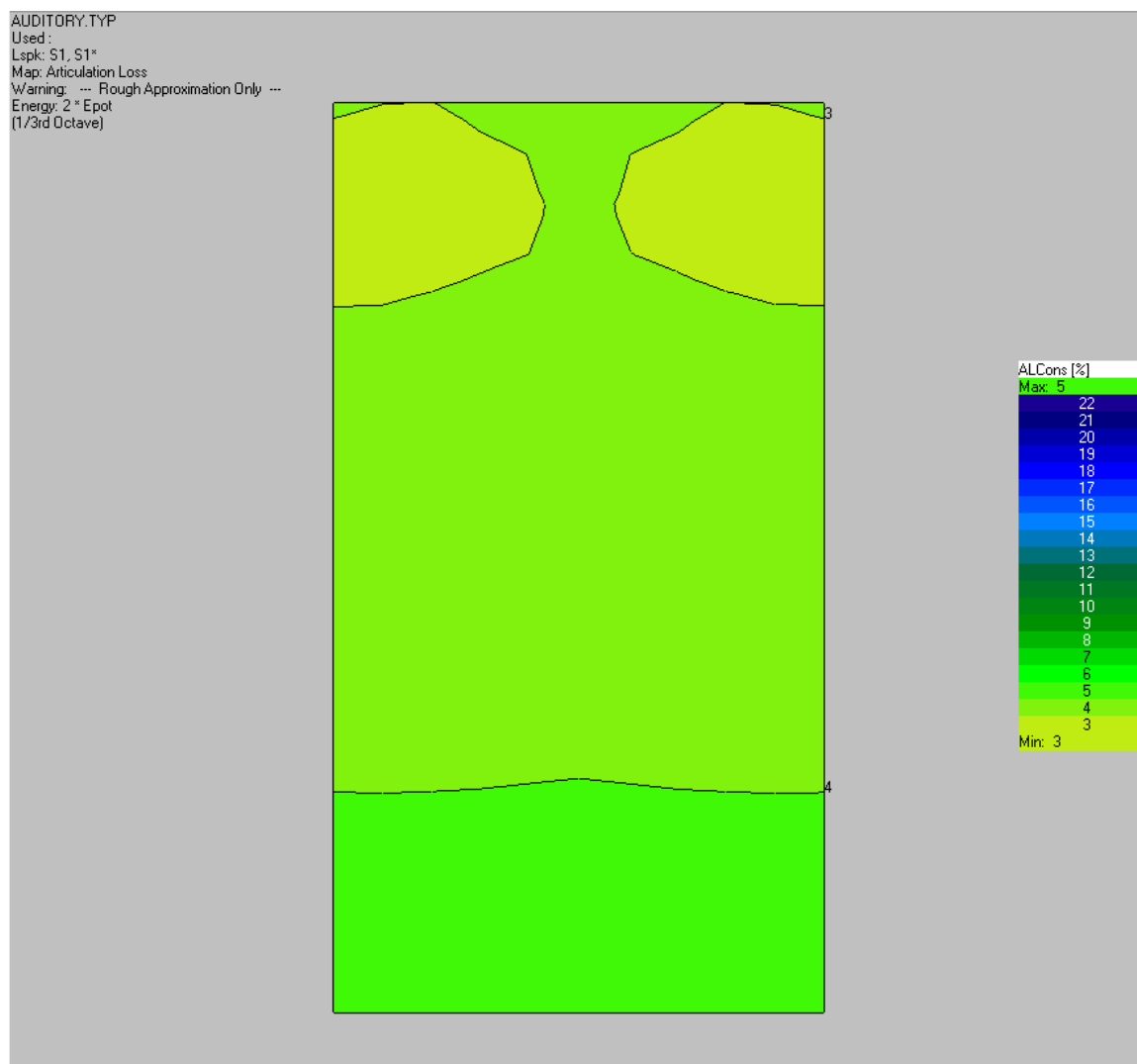


Figura 103. Distribución de ALCons en %.

En el siguiente gráfico se muestra la distribución de STI, que puede tomar valores comprendidos entre 0, inteligibilidad nula, y 1, inteligibilidad óptima. Los valores mostrados en el gráfico nunca son menores de 0,67 y llegan hasta 0,78, siendo mayor la inteligibilidad en la zona cercana al estrado. No obstante al ser siempre mayor a 0,67 este resultado muestra también un buen nivel de inteligibilidad de la palabra.

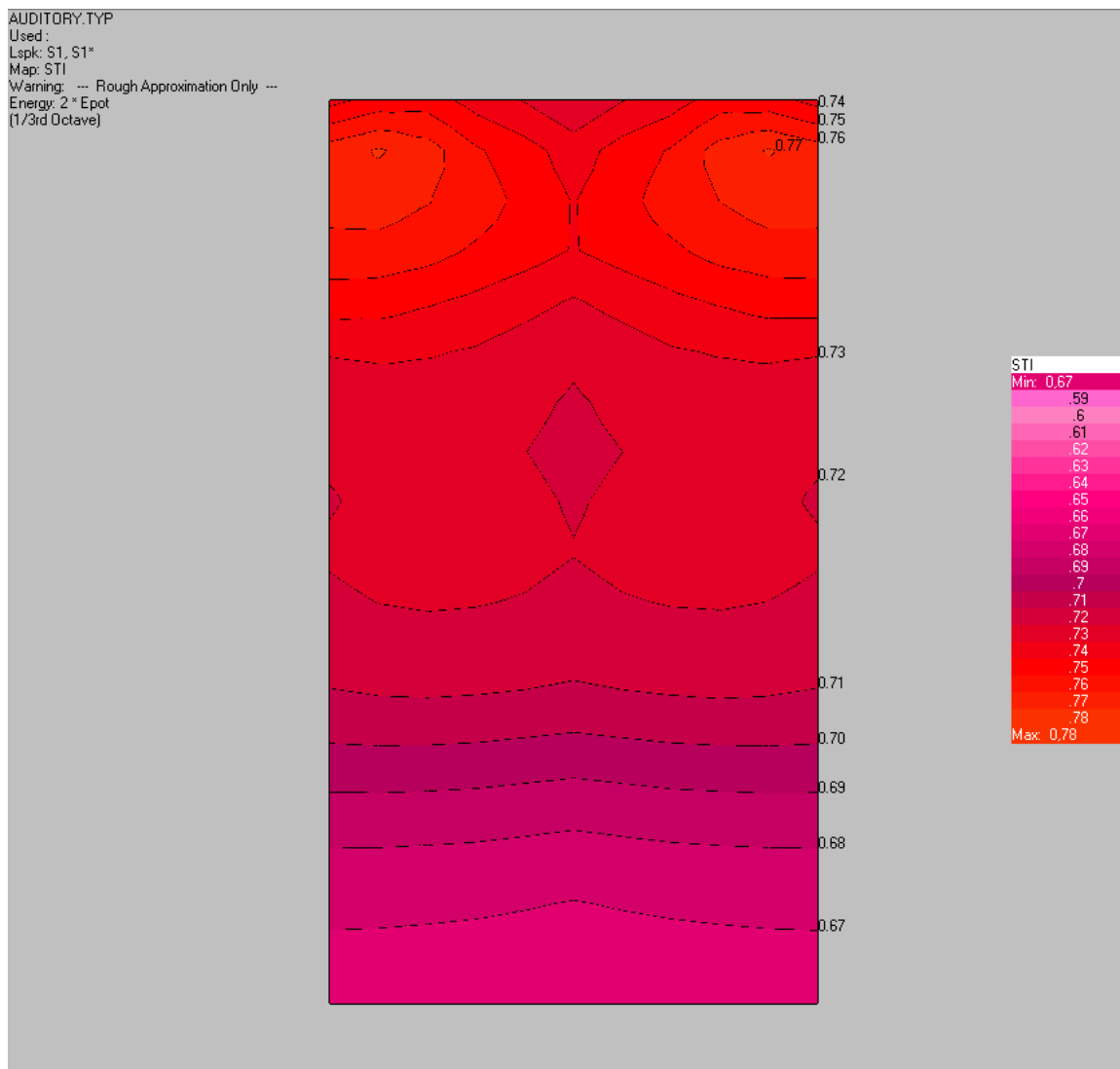


Figura 104. Distribución de STI.

Vistos dos parámetros que miden la inteligibilidad de la palabra, a continuación se verá la distribución del parámetro C80, que mide en dB la relación entre toda la energía sonora recibida en los primeros 80ms respecto a la percibida a partir de estos 80ms. Está relacionada con las prestaciones musicales de la sala, para una buena claridad musical C80 no debe ser mayor que 8dB. En este caso la mayor parte de las zonas tienen un C80 menor que 8 salvo las primeras filas y una zona central en el que se llega a un valor de 8,5dB. No obstante, no excede demasiado los 8dB límite recomendados y en las primeras filas se verá compensado con los altavoces de refuerzo que se incluirán el frente del estrado y que no se han introducido en la simulación.

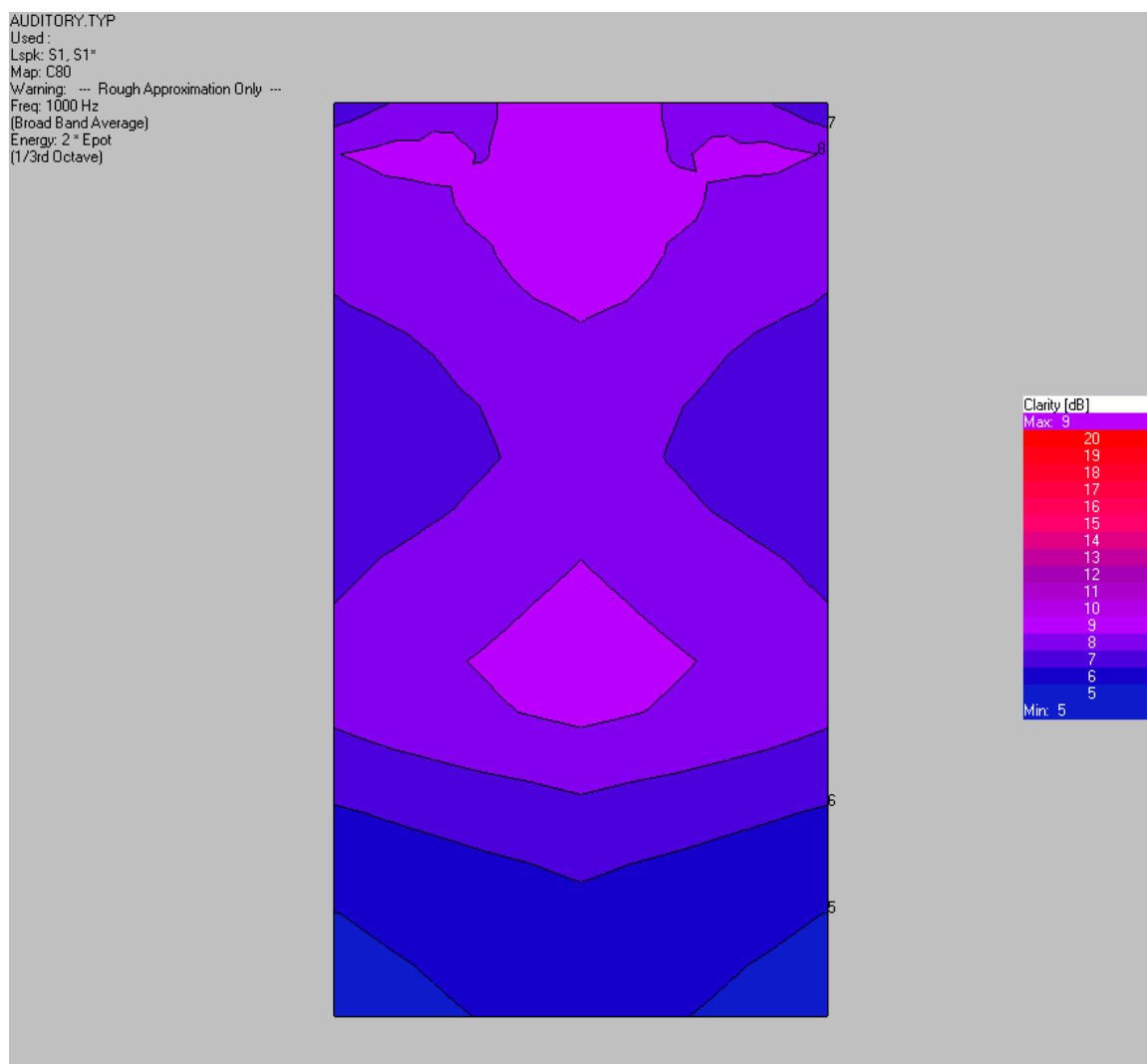


Figura 105. Distribución de C80.

En el siguiente gráfico se muestra la distribución del ITD Gap, que es el tiempo comprendido entre que llega el sonido directo y se recibe la primera reflexión, está relacionado con la ‘intimidad acústica’, es decir, la impresión de que el recinto es de menor tamaño a lo que en realidad es. Es recomendable un límite superior de 20 ms, para una posición central frente al escenario, en el gráfico mostrado este tiempo nunca es superior a 19ms y en las zonas centrales presenta siempre valores bajos entre 1ms y 7ms.

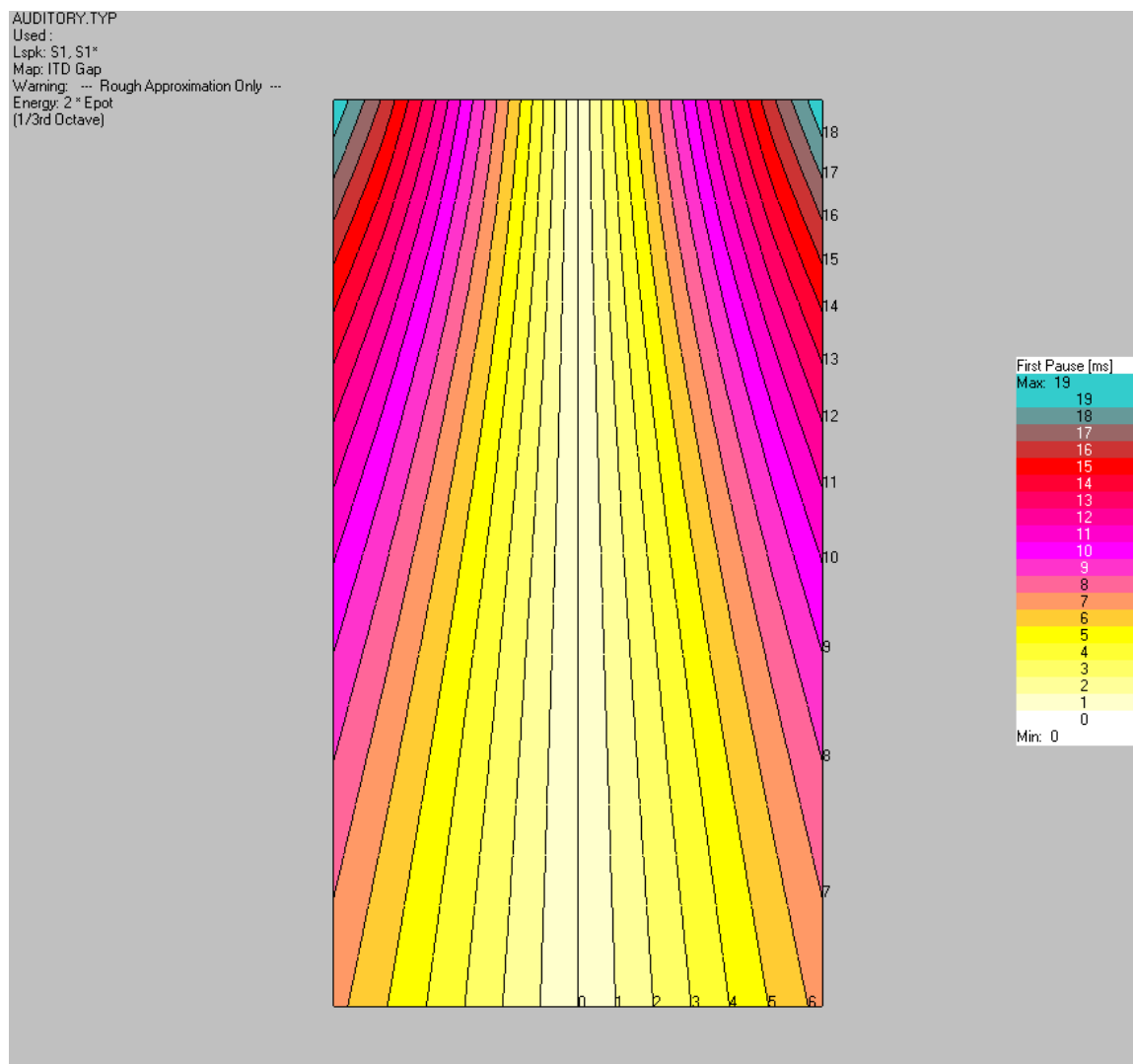


Figura 106. Distribución de C80.

Otro parámetro que permite calcular el programa es la distancia crítica, que muestra el ratio entre campo directo y reverberante en términos de distancia. La distancia crítica es aquella a la que el nivel del campo directo y reverberante son iguales. En este caso valores mayores que 1 indican que en esa zona el nivel de campo reverberante es mayor que la del campo directo y al contrario. Este resultado depende totalmente del valor de “split time” introducido en la simulación, en este caso se fijó 20ms, por lo que lo único que indica la figura es que en las zonas con distancia crítica mayor que 1 el sonido que llega más tarde de 20ms no se considera nivel sonoro directo. Este límite temporal para distinguir el campo directo y las primeras reflexiones del campo reverberante es motivo de discusión entre expertos, situándose normalmente en el rango de 15ms a 40ms.

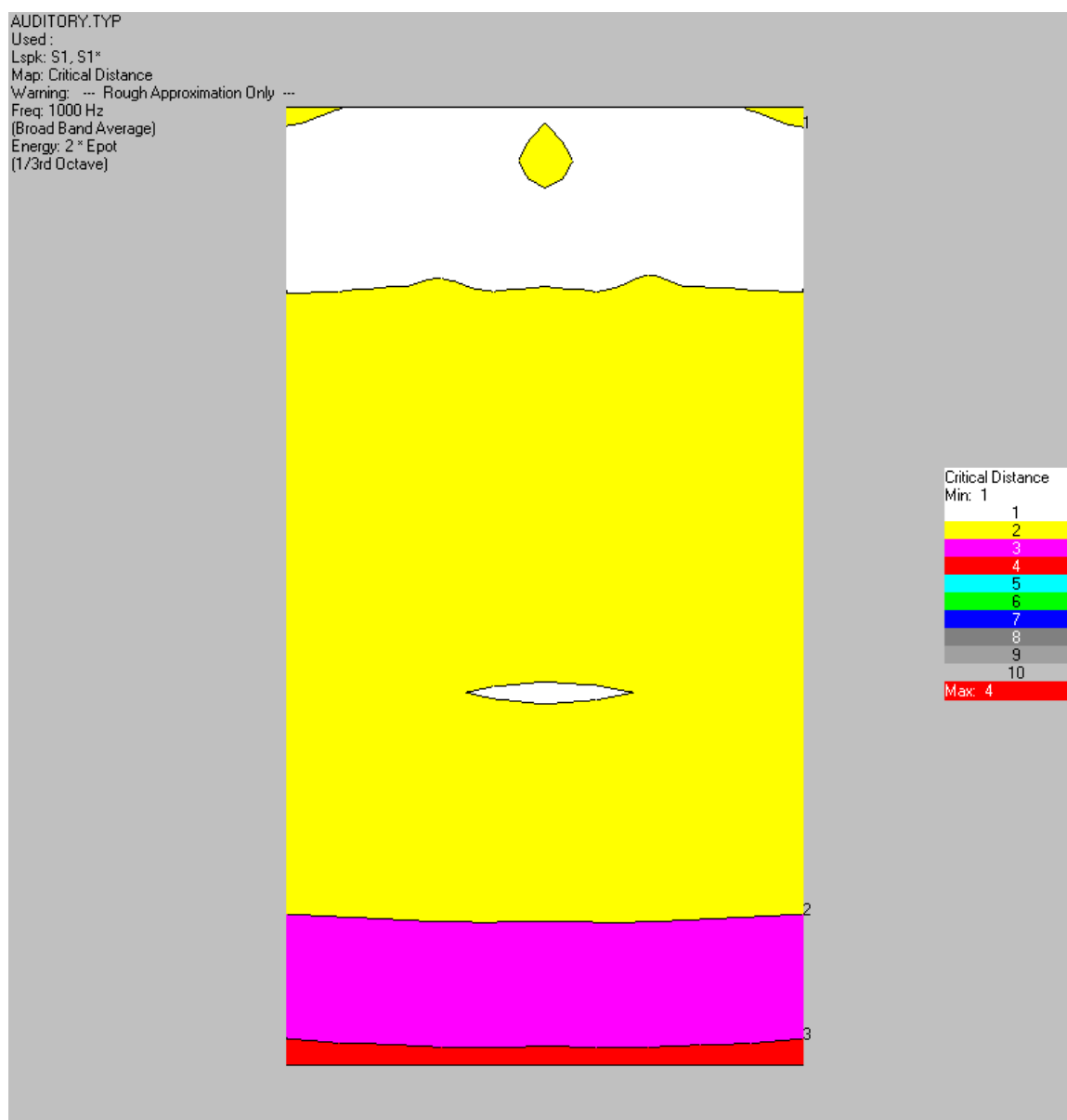


Figura 107. Distancia crítica.

Los cálculos mostrados hasta ahora están basados en la teoría estadística, a continuación se verá una simulación basada en la teoría geométrica, esta se realiza con el módulo ray tracing del mismo programa que permite visualizar las primeras reflexiones del sonido. La versión del programa utilizado es la junior por lo que limita la simulación a 1000 rayos y reflexiones de 3er orden, no obstante es más que suficiente para obtener una idea del comportamiento de las primeras reflexiones. En este caso, para no hacer más confuso el gráfico mostrado se han simulado 100 rayos por cada altavoz, hasta un tiempo de 100ms o una pérdida de nivel de 60dB. Estos resultados están incluidos en el archivo del proyecto “Ray Tracing2.trc” dentro de la carpeta Raytracing.

Los resultados de la simulación mostrados en las siguientes figuras permiten comprobar lo previsto por la teoría geométrica, la forma del techo ayuda a la distribución del sonido hacia la zona de la audiencia más alejada, también la pared situada tras el escenario permite dirigir los rayos sonoros hacia la audiencia. Asimismo se destacan en color violeta las reflexiones que rebotan contra la pared frontal de la sala de control y quedan dentro de la sala.

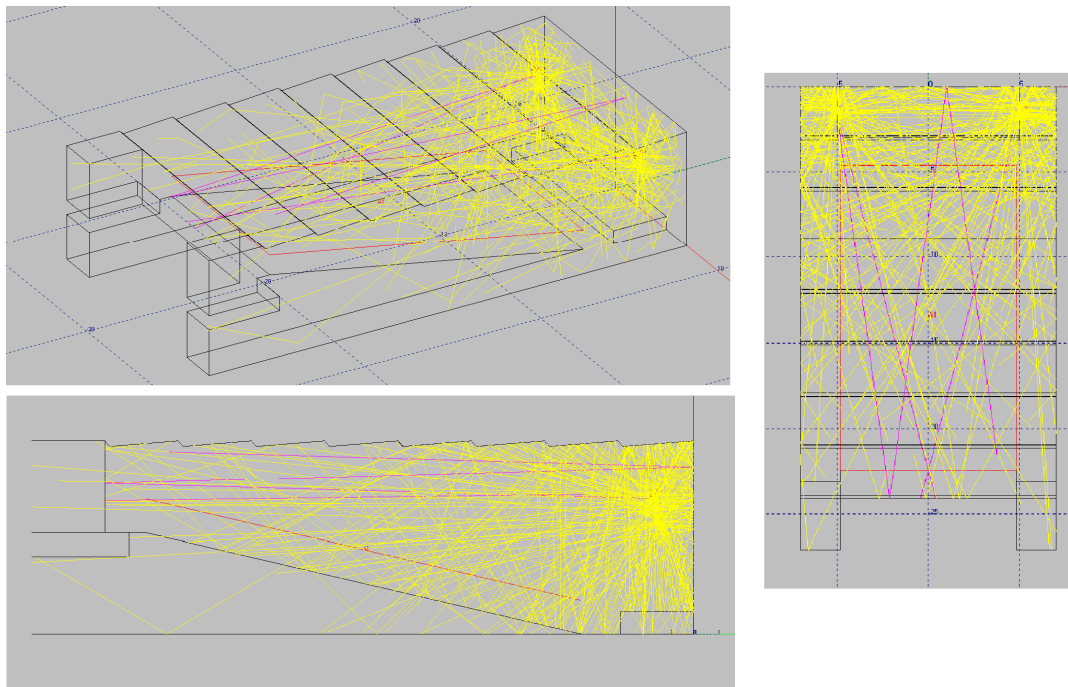


Figura 108. Distribución de primeras reflexiones en la sala, hasta orden 2.

El programa permite obtener muchos más parámetros de los mostrados, por lo que se adjunta al presente proyecto el archivo “auditorio” con el cálculo completo para poder acceder a los mismos. Concretamente los cálculos están incluidos en el archivo del proyecto “Calculation#1.emp” dentro de la carpeta Mapping.

4.3.2.5 Previsión situación real

El resultado de la simulación asegura que los altavoces previstos permitirán conseguir los valores de nivel sonoro y la uniformidad requerida. No obstante para ajustar la instalación final será imprescindible el uso del software específico del line array que permitirá el ajuste fino de su cobertura vertical y posteriormente seleccionar los niveles adecuados de subwoofer y altavoces de refuerzo para conseguir la máxima uniformidad posible. Asimismo se debe realizar la programación básica del procesador antifeedback para que permita eliminar la

realimentación en tiempo real. En el posterior apartado de validación y pruebas se definen las pruebas a realizar para la puesta en marcha y ajuste de la instalación.

4.3.3 Micrófonos

4.3.3.1 Sistema de conferencias

En la mesa del estrado se ha previsto un sistema micrófonos de conferencias compuesto por una unidad central y 6 micrófonos de cuello tipo cisne con sus bases programables que permiten funciones de conferencia, interpretación, activación por voz y encriptación. El conjunto se muestra en la figura 109 [F12] Para configurar el sistema dispone de un acceso web que también puede ser utilizado durante el desarrollo de un evento.



Figura 109. Sistema de conferencias para mesa del estrado.

El cableado entre las bases y la unidad central se realiza en cable de par trenzado cat5e transmitiendo el audio en formato encriptado. La unidad central permite 4 grupos de salida analógica de audio XLR. En este caso se utilizará una de dichas salidas para enviar la señal a la mesa de mezclas de audio.

Las características básicas de los micrófonos son [F12]:

- Micrófono de condensador cardioide.
- Respuesta en frecuencia 30Hz-18kHz.
- Sensibilidad $-52 \pm 3\text{dB}$ ($0\text{dB} = 1\text{V}/1\text{Pa}$, 1 kHz)
- Máximo nivel de entrada 110dB SPL, 1kHz a 3% THD.
- SNR $>60\text{dB}$
- Front/Back ratio $>25\text{dB}$ (1 kHz)

4.3.3.2 Micrófono atril

El micrófono del atril es un micrófono fijo de cuello de cisne de alta sensibilidad que incluye un preamplificador. Se muestra en la figura 110 [F11] Su señal balanceada se conectará directamente a la mesa de mezclas de audio.



Figura 110. Micrófono de atril.

Sus características básicas son [F11] :

- Micrófono de condensador electret supercardioide.
- Respuesta en frecuencia 50Hz-17kHz.
- Sensibilidad -33,5dB (0dB = 1V/1Pa, 1 kHz)
- Máximo nivel de entrada 122,7dB SPL, 1kHz a 1% THD.
- SNR 67,5dB
- Salida balanceada.

4.3.3.3 Micrófonos inalámbricos

Se equipan 4 micrófonos inalámbricos, 2 de mano y 2 de solapa. Cada micrófono cuenta con una unidad de recepción situada en el rack de la sala de control que se conecta con salida XLR balanceada a la mesa de mezclas. Los micrófonos incorporan pila convencional de 9V con una autonomía aproximada de 8 a 9 horas. Estarán normalmente ubicados en la sala de control y cuando sean necesarios se utilizarán en el estrado o en la grada. Se muestran en la figura 111[F11] .



Figura 111. Micrófonos inalámbricos.

Las características básicas de los micrófonos de mano son [F11] :

- Dinámico cardioide
- Respuesta en frecuencia de 50HZ a 15kHz.
- Sensibilidad -54,5dBV/Pa (1,85mV) (1 Pa =94dB SPL)
- Máximo nivel de entrada 130,5dB SPL, 1kHz a 1% THD.
- Impedancia: 150Ω

Las características básicas de los micrófonos de solapa son [F11] :

- Condensador tipo lavalier cardioide.
- Respuesta en frecuencia de 50HZ a 17kHz.
- Sensibilidad -45,5dBV/Pa (1,85mV) (1 Pa =94dB SPL)
- Impedancia: 1800Ω.

4.3.4 Resto de equipamiento.

4.3.4.1 Mesa de mezclas y ampliación de E/S

La mesa de mezclas es el núcleo de la instalación de audio, que recibe las señales de distintas fuentes de audio y las distribuye a cualquier otro punto de la instalación. Se trata de una mesa de mezclas digital de 16 canales estéreo a la que se le añade una tarjeta de ampliación de 8 entradas y 8 salidas analógicas [F18] y sus regletas de conexión de entradas y salidas adicionales que se ubican en uno de los racks de la sala de control. Se muestra en la figura 112 [F17]



Figura 112. Mesa de mezclas digital de audio.

Sus características técnicas básicas son [F17] :

- Convertidores A/D y D/A de 24 bits y frecuencias de muestreo de 44,1kHz/48kHz/88,2kHz/96kHz
- Procesador de 32 bits.
- Incluye librería de efectos (reverb, delay, ecualizadores, chorus, flanger, tremolo, distorsión, etc)
- Entradas analógicas balanceadas con conectores XLR ó TRS Jack: 24 canales mono (ó 12 canales estéreo) + 4 estéreos.
- Canales de entrada con Gate, Attenuator, 4-band PEQ, 2x Compressor, Delay, Pan
- Entrada/salida analógica RCA (señales de línea de dispositivos como reproductores de CD): 2tr in/out
- Entrada/salida digital óptica formato ADAT: 8-in/8-out
- Entrada/salida digital RCA formato IEC-60958 para cable coaxial: 2tr in/out
- Puerto USB 2.0 para hacer grabaciones desde la mesa al ordenador, contando con el software necesario.
- MIDI IN, MIDI OUT, MIDI THRU
- 4 salidas auxiliares/omni con conector TRS Jack.
- 12 salidas CH Insert OUT no balanceadas TRS Jack.
- 1 salida estéreo principal XLR.
- 1 salida estéreo a monitor jack.

- Canales de salida con Attenuator, 4-band PEQ, Compressor, Delay
- Slots para ampliaciones.
- Consumo 90W 230V AC.
- Dimensiones (altoxanchoxprofundo): 14,8x43,6x54,8cm
- Peso 14 kg

Todas las conexiones de entrada a la mesa desde micrófonos, receptores de micrófonos inalámbricos, códec de videoconferencia, reproductor de vídeo, PC de cabina y grabador de audio, se realizan por las entradas analógicas mediante conectores XLR y cable balanceado según se representa en los esquemas de la instalación. La única entrada/salida digital que se utiliza es para la conexión mediante fibra óptica a la ampliación de entradas y salidas de la mesa de audio. Las salidas LR de monitor están conectadas a los monitores de la sala de control, mientras que la salida master LR está conectada al procesador con antifeedback. Para la conexión al códec de videoconferencia y al amplificador/distribuidor de audio se utilizan las salidas auxiliares.

4.3.4.2 Monitores de sala de control

Los monitores de la sala de control, están conectados a la salida estéreo de la mesa de mezclas y permiten escuchar cualquier señal que entre a la mesa previamente a su envío a salida principal o a cualquier grupo o canal auxiliar. Se trata de unos altavoces compactos que proporcionan un sonido de calidad. Se muestran en la figura 113 [F17]



Figura 113. Monitores de sala de control.

Las especificaciones técnicas del altavoz son:

- Control de volumen y de tono (low/high)
- Cono único de 10cm
- Impedancia: 4Ω
- Sensibilidad (10 W/1 m): 97 dB SPL nominal
- Respuesta en frecuencia: 75 Hz-18kHz
- Conectores entrada: jack y RCA
- Amplificador de 10W (a 1kHz, THD=0,5%, RL=4Ω)
- Consumo 30W 230V AC.
- Dimensiones (alto x ancho x profundo): 21,4x14,7x19,2cm
- Peso 2,5 kg

4.3.4.3 Grabador de audio

Grabador de señal de audio basado en tecnología de estado sólido (compact flash). Compatible con formatos MP3, MP2, BWF y WAV. Permite su conexión directa a PC. Se muestra en la figura 114 [F15] Su entrada y salida estéreo se conectan a la mesa de mezclas de audio mediante cable balanceado.



Figura 114. Grabador de audio.

Sus características técnicas básicas son [F15] :

- Permite grabar directamente a tarjetas de memoria compact flash o Microdrive.
- Formatos de grabación utilizados: wav o mp3.
- Relación señal a ruido: 91 dBA
- Margen dinámico: 94dB
- 1 Entrada/1 Salida analógica balanceada XLR
- 1 Entrada/1 Salida analógica no balanceada RCA.
- 1 Entrada/1 Salida digital balanceada (AES/EBU) XLR.
- 1 Entrada/1 Salida digital no balanceada (SPDIF) RCA.
- Admite control RS232, LAN y Web.
- Dimensiones (alto x ancho x profundo): 5,2x48,3x29,8cm
- Peso: 3.0 kg

4.3.4.4 Distribución de audio a periodistas

Para la distribución de la señal de audio a la prensa durante la celebración de un evento se equipa un amplificador de distribución en uno de los racks de la sala de control que distribuye la señal a un maletín de prensa que admite hasta 40 salidas de audio XLR para conexión de los equipos de prensa ubicados en el interior del auditorio, justo delante de la sala de control.

El amplificador de distribución cuenta con 4 entradas y 16 salidas y permite distribuir cada señal de entrada a 4 salidas diferentes. El nivel de cada salida puede controlarse independientemente, de la misma manera que el nivel de las señales de entrada. Cada entrada dispone de un indicador de nivel del LED's. Las entradas balanceadas están presentan un alto rechazo al modo común e inmunidad a RF. Las salidas disponen de protección contra cortocircuitos [F28] . El equipo se muestra en la figura 115 [F28] .

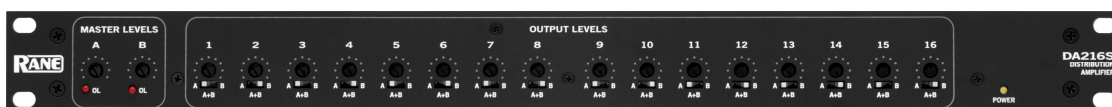


Figura 115. Amplificador de distribución de audio para periodistas.

Sus características técnicas básicas son [F28] :

- Cuatro entradas balanceadas y 16 salidas balanceadas con posibilidad de configuración 4x4, 2x8, o 1x16.
- Control de nivel de entrada máster y controles de nivel de salida individuales.
- Impedancia de entrada Mic/Line $1.82k\Omega/17.9k\Omega \pm 1\%$
- Control de ganancia Mic 40dB a 60 dB ± 2 (2-position switch)
- Mic Pad: 20 dB ± 2 (2-position switch)
- Rango de ganancia Line: 0 a 20dB ± 2 (2-position switch)
- Ganancia global Mic 56dB-76 dB ± 4
- Ganancia global Line 16dB-36dB ± 4
- Max Mic Input Level -20 dBu, ganancia a 40 dB
- Max Line Input Level +21 dBu, ganancia a 0 dB
- Phantom Power: +15 VDC ± 0.5
- Impedancia de salida 200Ω
- Output Drive Level: 24 dBu (carga 600Ω)
- Crosstalk: 80dB (+4 dBu Output, 1 kHz)
- Consumo: 7W 230V AC.
- Dimensiones (alto x ancho x profundo): 4,4x48,3x13,3cm
- Peso: 1,9 kg

En cuanto al maletín de periodistas se compone de un distribuidor de audio, que contiene dos 2 entradas estéreo y 5 salidas estereofónicas (o 10 monofónicas) y el patch de conexión, que permite dividir las salidas del distribuidor en grupos de 4 con la posibilidad de conmutar el nivel de salida entre 0, -10 y -20 dB en cada salida de forma independiente. Dispone también de dos patches de interconexión entre XLRH-XLRM-jack-minijack-RCA, que permiten suministrar señal de audio a todos los periodistas que la soliciten, sea cual sea el equipamiento que usen [F29] . Se muestra en la figura 116 [F29] .

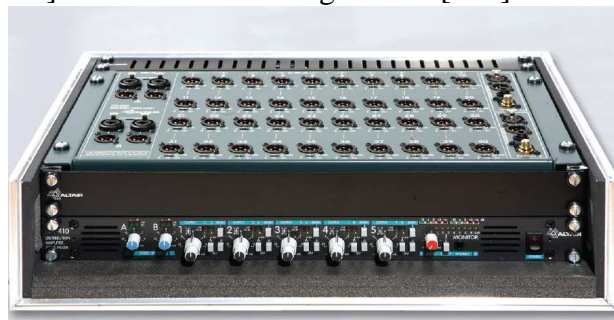


Figura 116. Maletín de prensa.

Sus características técnicas básicas son [F29] :

- 2 entradas estéreo (XLR)
- 40 salidas balanceadas con atenuadores individuales por cada salida (0.-10dB,-20dB) y protección individual frente a cortocircuito en cada salida.
- Impedancia de entrada $5k\Omega$.
- Impedancia de carga recomendada $10k\Omega$ típica (600Ω mínima).
- Ancho de banda 20Hz-20kHz.
- Diafonía entre canales adyacentes, mejor que 90dB a 1kHz.

- Distorsión: <0,02% 20Hz-20KHz /+20 dBu
- Ruido: Mejor que -100 dBu (U/W) en cualquier salida.
- Consumo: 10W 230V AC.
- Dimensiones (alto x ancho x profundo): 20x44,4x53cm
- Peso: 15kg

4.4 Sistema Transmisión audio y vídeo en par trenzado.

El cableado de la sala de control desde los racks hasta los equipos ubicados en la mesa de la sala de control se realiza directamente en la señal operacional propia del equipo, al igual que el cableado de interconexión de las pantallas y equipos ubicados en la mesa del estrado hasta el pequeño rack ubicado bajo el escenario.

Sin embargo, para la transmisión de las señales de audio y vídeo entre la sala de control y el escenario, se opta por utilizar la transmisión de audio y vídeo sobre par trenzado debido a la facilidad y flexibilidad en la instalación y conexión. Para ello se deberán seleccionar los transmisores y receptores necesarios que incluyen también funciones de cambio de formato de señal, así como una matriz que permite distribuir las señales.

En el siguiente esquema se puede comprobar los equipos que constituyen el sistema de par trenzado.

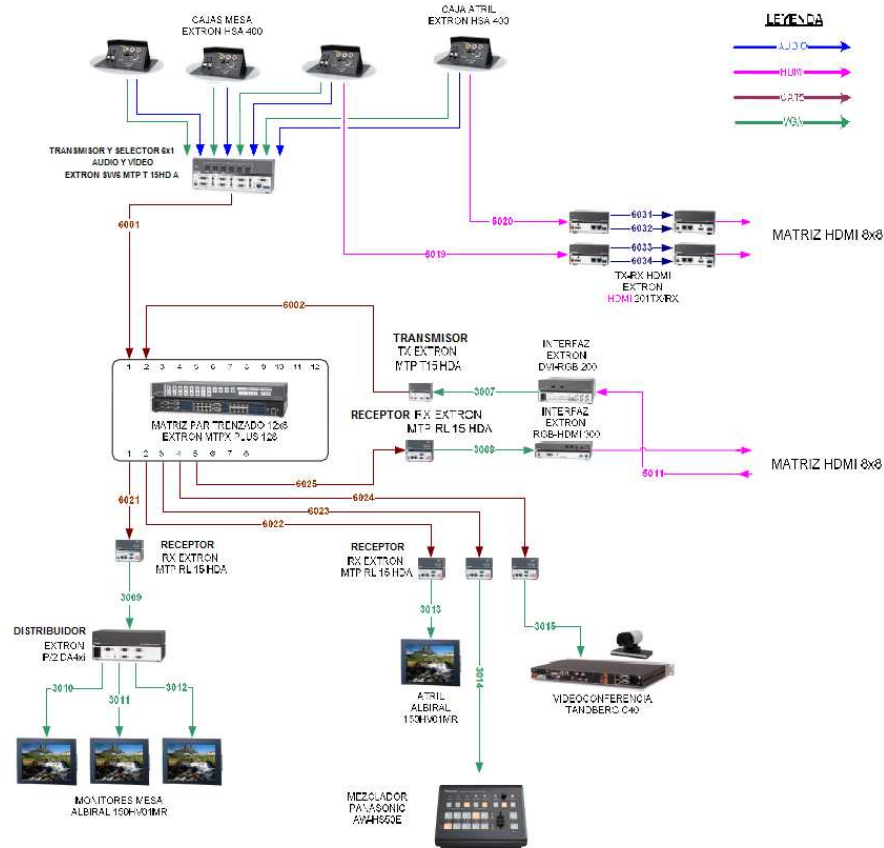


Figura 117. Esquema de transmisión de audio y vídeo sobre par trenzado.

Todos los equipos transmisores, receptores, conversores, selectores, distribuidores y matriz son del mismo fabricante. El cable utilizado para transmitir las señales de audio y vídeo sobre par trenzado es cable de categoría5, de esta forma se evita tener que corregir los desfases ocasionados por la diferente longitud de los pares que constituyen el cableado de categoría6, ya que en la categoría 5 el trenzado es aproximadamente parecido, aunque no normalizado, en todos los pares. Los equipos de transmisión y recepción del escenario se ubican en un rack registrable situado en una zona técnica bajo el escenario, mientras que los equipos de transmisión, recepción y distribución de la sala de control se ubican en los racks de la sala de control.

4.4.1 Transmisión desde el escenario

La transmisión desde el escenario aparece reflejada en la parte superior del esquema, siendo las fuentes de las señales de audio y vídeo las señales que se conectan a las cajas de escenario. Se instalan cuatro cajas con conexiones de audio y vídeo para empotrar en mesa, tres en la mesa y una en el atril. Dos de las cajas de mesa incorporan conexiones de vídeo, audio y datos (VGA+mini-jack +RJ45), las otras dos ubicadas en la mesa y en el atril además incluyen una entrada HDMI.

Las señales de audio y vídeo analógico (VGA y mini-jack) de las 4 cajas se conectan con cable analógico a un equipo que realiza en primer lugar la selección de una de las 4 señales y

posteriormente la transmisión hacia la matriz de par trenzado con un único cable UTP de categoría5.

Las dos cajas que cuentan con entrada HDMI, conectan su señal HDMI a un transmisor, independiente por cada caja, cuya salida es un cable de par trenzado hasta el receptor ubicado en el rack de la sala de control.

4.4.2 Recepción, distribución y transmisión en sala de control

a) Recepción de escenario

En el rack de la sala de control se encuentran los 2 receptores HDMI de las cajas de atril y mesa. Por otro lado la propia matriz de par trenzado hace de receptor para la señal de audio y vídeo proveniente de las señales de audio y vídeo de las cajas de la mesa.

b) Distribución y transmisión

La distribución de las señales de audio y vídeo en par trenzado se realiza por una matriz de par trenzado de 12 entradas y 8 salidas como la mostrada en la figura 118 [F13] . La matriz distribuye cualquier señal de entrada a cualquier combinación de señales de salida (una, varias o todas). Adicionalmente admite algunas entradas VGA y audio estéreo para conexión de equipos locales. La matriz puede ser controlada de forma remota por un puerto RS-232.



Figura 118. Matriz de par trenzado.

La matriz de par trenzado transmite por sus salidas las siguientes señales en cable de par trenzado:

- señal de vídeo a los monitores de la mesa.
- señal de vídeo al monitor del atril
- señal de vídeo al mezclador de vídeo.
- señal de vídeo al códec de videoconferencia

c) Recepción de sala de control

Algunas de las salidas de la matriz de par trenzado se quedan en la propia sala de control y aunque no existan largas distancias se deben incluir equipos de recepción para transformar la señal en el formato “nativo” del equipo. Los equipos de recepción en la sala de control son:

- Receptor de par trenzado a vídeo analógico al mezclador de vídeo.
- Receptor de par trenzado a vídeo analógico al códec de videoconferencia.

d) Interconexiones con matriz HDMI

Para dar mayor flexibilidad al sistema y permitir que cualquier señal del sistema de par trenzado pueda distribuirse por la matriz HDMI se conecta una salida de la matriz de par trenzado con una entrada de la matriz HDMI, incluyendo para ello un receptor de par trenzado a VGA y después un interfaz VGA-HDMI.

Del mismo modo para permitir que cualquier señal del sistema HDMI pueda transmitirse al sistema de par trenzado se conecta una salida de la matriz HDMI a una entrada de la matriz de par trenzado, incluyendo para ello un interfaz DVI-VGA (con adaptador DVI/HDMI) y posteriormente un transmisor de VGA a par trenzado.

4.4.3 Recepción en el escenario

En el rack ubicado bajo el escenario se ubican los siguientes equipos de recepción que se encargan de recibir las señales enviadas desde la matriz de par trenzado de la sala de control:

- Receptor de par trenzado a vídeo analógico XGA y un distribuidor XGA de 1 a 3 canales para los 3 monitores de la mesa.
- Receptor de par trenzado a vídeo analógico XGA para el monitor del atril.

4.5 Sistema de Vídeo y videoconferencia

4.5.1 Esquema de principio

Al igual que en la instalación de audio, se muestra en primer lugar el esquema de principio del sistema de vídeo para tener una idea general de los equipos que la forman y en los apartados posteriores ir describiendo sus funcionalidades, características, interconexiones y tipo de cableado empleado.

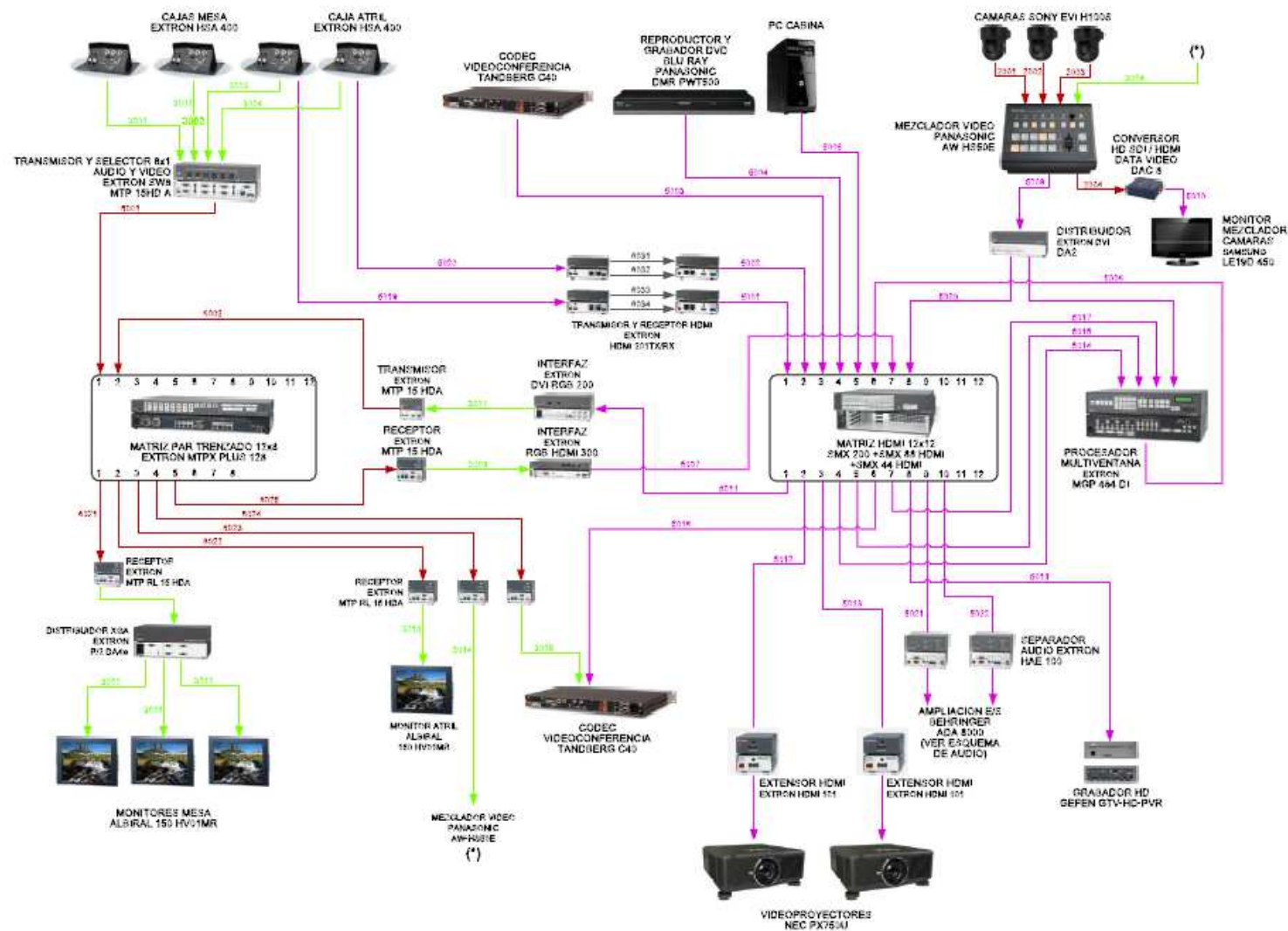


Figura 119. Esquema de principio de instalación de vídeo.

El núcleo de la instalación de vídeo es la matriz HDMI, que junto con la matriz de par trenzado y sus equipos emisores y receptores explicados anteriormente, permite distribuir las señales de vídeo externas e internas a cualquier equipo de la instalación.

La matriz de vídeo HDMI recoge las siguientes entradas HDMI:

- 2 señales HDMI de la mesa y atril del escenario.
- señal de vídeo del códec de videoconferencia.
- señal de vídeo del reproductor DVD y Blue-Ray.
- señal de vídeo del PC de cabina.
- señal de vídeo desde el procesador de imágenes.
- señal de vídeo de salida de la matriz de par trenzado, que podría ser cualquiera de las señales VGA de las cajas de conexión de las mesas y atril.
- señal de vídeo del mezclador de vídeo.

Las anteriores señales pueden ser enviadas a cualquiera de los siguientes destinos:

- envío a la entrada de la matriz de par trenzado.
- a los dos videoproyectores.
- procesador de imágenes.
- al códec de videoconferencia.
- al grabador de vídeo HD.
- a dos separadores de audio para introducir la señal en la mesa de mezclas de audio a través de su módulo de ampliación de entradas/salidas.

4.5.2 Videoproyección

Para la proyección de imágenes en el auditorio se equiparán dos proyectores que formarán la imagen en la pantalla de proyección mediante la unión precisa de las imágenes proyectadas por cada proyector (blending).

4.5.2.1 Videopro proyector

Dentro de las tecnologías existentes en vídeo proyección se ha escogido la tecnología DLP que proporciona alta calidad de imagen y un precio razonable. El proyector incorpora dos lámparas y un disco de color de 6 segmentos (RGBYCW) como se muestra en la figura 120 [F2] .



Figura 120. Videopro yector.

Debido a las dimensiones del auditorio y las condiciones de iluminación del mismo que cuenta con ventanales en sus laterales, se escogerá de alta luminosidad, el modelo elegido cuenta con 7500lúmenes ANSI, aunque en cualquier caso siempre se recomienda bajar las persianas de las ventanas laterales del auditorio para que la visión de la proyección sea adecuada.

La instalación de los dos proyectores será fija en el techo del fondo del auditorio justo delante de la sala de control. Existiendo una distancia de unos 25m hasta la pantalla, por lo que, según las recomendaciones de fabricante mostradas en la figura 121 [F2] , se escoge la lente del video proyector que permite el enfoque en el rango 5,6-54,8m.

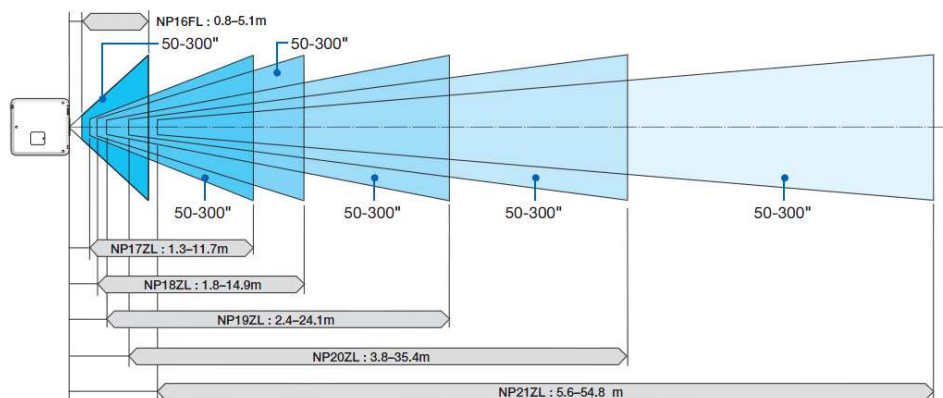


Figura 121. Tipo de lente según distancia proyector-pantalla.

Para mejorar el brillo y el contraste, el proyector incorpora la tecnología de nominada VIDI, que de forma conjunta con la rueda de color, utiliza un pulso brillante para aumentar el brillo de la imagen y un pulso oscuro para incrementar el ratio de contraste.

En cuanto a la resolución admite las resoluciones de ordenador más exigentes (WUXGA: 1920x1200) y vídeo de alta resolución hasta 1080p.

Sus características técnicas básicas son [F2] :

- Núcleo estándar DLP sellado (0,67” DMD)
- Conexión: HDMI HDCP (+VGA, 5-BNC, RCA, S-video, HD/SD-SDI)
- Conectividad 10/100 Base-T, conexión RJ-45
- Óptica Tele Zoom (5.3-8.3:1)
- Lámparas de 400W (hasta 2000h de duración)
- Luminosidad: 7500 ANSI lumen
- Estándares de vídeo soportados: NTSC, NTSC4.43, PAL, PAL-60, PAL-M, PAL-N, SECAM
- Resolución: 1920 x 1200 (nativo, WUXGA)
- Compatibilidad con señales SD/HD vídeo: 480i, 480p, 576i, 576p, 720p, 1080i, 1080p
- Relación de contraste: 2100:1
- Modo de alto contraste (tecnología VIDI)
- Nivel de ruido : 43 dB(A) normal / 39dB eco
- Temperatura ambiente de funcionamiento máxima: 40°C

Diseño de la Instalación

- Consumo: 1006 W / 230V AC
- Dimensiones (ancho x profundo x alto) 504 x 516 x 192 mm
- Peso: 19.7 kg

Para conectar las señales de salida de la matriz HDMI a los videoproyectores se utilizan unos extensores HDMI que ecualizan la señal y permiten aumentar la distancia del cable HDMI hasta 60m según se refleja en el esquema de la instalación de vídeo.

4.5.2.2 Pantalla

Una vez escogidos el videoprojector y su lente se seleccionará la pantalla, que añadirá calidad y brillo a la imagen proyectada. Según las tablas del fabricante de la figura 122 [F2] , para la lente escogida y la distancia existente entre la pantalla y el proyector se recomienda un tamaño de pantalla de 200” a 300”.

Screen size	Lens model name					
	NP16FL	NP17ZL	NP18ZL	NP19ZL	NP20ZL	NP21ZL
50"	0.8	1.3 – 1.9	1.8 – 2.4	2.4 – 4.0	3.8 – 5.8	5.6 – 8.9
60"	1.0	1.6 – 2.3	2.2 – 2.9	2.8 – 4.8	4.6 – 7.0	6.8 – 10.7
80"	1.3	2.2 – 3.1	3.0 – 3.9	3.8 – 6.4	6.2 – 9.3	9.1 – 14.4
100"	1.7	2.7 – 3.9	3.7 – 4.9	4.8 – 8.0	7.7 – 11.7	11.5 – 18.1
120"	2.0	3.3 – 4.7	4.5 – 5.9	5.8 – 9.6	9.3 – 14.1	13.8 – 21.7
150"	2.5	4.1 – 5.8	5.6 – 7.4	7.2 – 12.0	11.7 – 17.6	17.4 – 27.3
200"	3.4	5.5 – 7.8	7.5 – 9.9	9.7 – 16.1	15.6 – 23.5	23.3 – 36.4
240"	4.1	6.6 – 9.4	9.1 – 11.9	11.6 – 19.3	18.8 – 28.3	28.0 – 43.8
300"	5.1	8.2 – 11.7	11.3 – 14.9	14.5 – 24.1	23.5 – 35.4	35.0 – 54.8

Figura 122. Rangos de tamaños para la diagonal de la pantalla.

Este tamaño con una relación de aspecto 16:10 para tamaño panorámico, permite anchos de pantalla desde 4,3m hasta 6,46m y alturas desde 2,7m hasta 4m, según la tabla de la figura 123 [F2] .

Size (inches)	Screen width		Screen height	
	(inches)	(cm)	(inches)	(cm)
40	33.9	86.2	21.2	53.8
60	50.9	129.2	31.8	80.8
80	67.8	172.3	42.4	107.7
100	84.8	215.4	53.0	134.6
120	101.8	258.5	63.6	161.5
150	127.2	323.1	79.5	201.9
200	169.6	430.8	106.0	269.2
240	203.5	516.9	127.2	323.1
300	254.4	646.2	159.0	403.9
400	339.2	861.6	212.0	538.5
500	424.0	1077.0	265.0	673.1

Figura 123. Rangos de tamaños de la pantalla (anchoxalto).

Según lo anterior se escoge una pantalla de dimensiones 8,30x3,70m que permitirá conseguir cualquiera de los anteriores tamaños de pantalla según el enfoque del proyector.

La pantalla se ancla a pared mediante un sistema de escuadras, realizando taladros para atravesar el panelado y el muro de la pared del auditorio, como se muestra en la figura 124 [F1] .

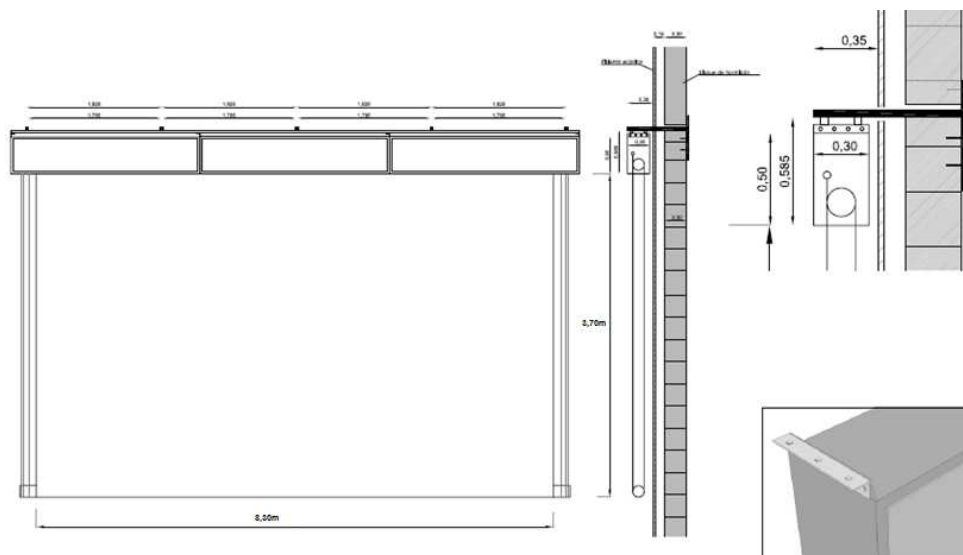


Figura 124. Dimensiones y detalles montaje de pantalla.

Sus características básicas son [F1] :

- Pantalla eléctrica de proyección enrollable de medidas de tela totales 830x370cm.
- Tela de proyección Blanco Mate DIN 19045 TIPO D.
- Motor monofásico.
- Ganancia 1:1,1
- Ignífuga M1.
- Dispone de motor eléctrico de anclaje para pantalla de proyección.
- Carcasa de aluminio. Tubo de rodillos de aluminio.

4.5.2.3 Matriz HDMI

La matriz de vídeo HDMI, situada en los racks de la sala de control, es el corazón de la instalación de vídeo, que como se menciona en el apartado anterior, recibe la señal de las distintas fuentes de vídeo de la instalación y las reparte a los diferentes equipos de reproducción de la instalación. Existe también la posibilidad de recoger señales de otros equipos cuyas señales de entrada/salida no sean HDMI a través de sus conexiones con la matriz de par trenzado. Se muestra en la figura 125 [F13]



Figura 125. Matriz de vídeo HDMI.

La matriz tiene capacidad para 12 entradas y 12 salidas, con las siguientes características fundamentales [F13] :

- Chasis para montaje en rack de 2U con capacidad para 4 tarjetas.
- Equipado con 3 tarjetas de entrada/salida HDMI.
- Puertos de control remoto; RS-232/RS-422 y RJ45.
- Consumo: 180W 230V AC.
- Dimensiones (ancho x profundo x alto) 431x 305 x88mm
- Peso: 10 kg

4.5.2.4 Procesador imágenes

El procesador de imágenes mostrado en la figura 126 [F13] permite la combinación de las cuatro imágenes de entrada en una imagen de salida, con multitud de opciones de configuración de las imágenes: ubicación, tamaño, zoom, inserción de marcos y textos, efectos de transición, grabación de presets, etc, así como diversidad de señales de entrada, en este caso se utilizarán las entradas DVI con adaptadores HDMI para recoger tres señales provenientes de la matriz HDMI y una señal DVI del mezclador de las cámaras de vídeo. Se ubica en el rack de la sala de control.



Figura 126. Procesador de imágenes.

Las características fundamentales del procesador de imágenes son [F13] :

- 4 entradas totalmente configurables 4x(VGA-WUXGA, RGBHV, video compuesto, S-video, vídeo por componentes) ó 4xDVI
- 15 entradas virtuales: vídeo compuesto, S-video, vídeo por componentes (15x video compuesto ó 5xS-vídeo ó 5x vídeo por componentes o combinaciones de las anteriores). Estas entradas se pueden distribuir a cualquier de las 4 entradas principales.
- 2 entradas para fondo: 2xHD-SDI.
- Resolución: 640x480 a 1920x1200, 480p a 1080p.
- Señal de salida: 1x(RGBHV, RGB)/1x(DVI-D)
- Puertos de control remoto; RS-232/RS-422 y RJ45.
- Consumo: 50W 230V AC.
- Dimensiones (ancho x profundo x alto) 445x305 x86mm
- Peso: 3,9 kg

4.5.2.5 Cámaras y mezclador de vídeo.

a) Cámaras

Se equipan 3 cámaras, una en el techo del fondo del auditorio junto a los videoproyectores para captar una imagen general del escenario, otra en una de las paredes laterales del auditorio para tomar la imagen del atril y la última en una esquina de la pared del escenario para captar imágenes de las gradas.

Son cámaras móviles PTZ (Pan Tilt Zoom) de alta definición digital. Para el control a distancia de la cámara, tanto su movimiento vertical y horizontal como el enfoque, se utiliza una unidad de control remoto con joystick y un panel de control con distintas posibilidades. Cámaras y controlador se muestran en la figura 127 [F3] .



Figura 127. Cámaras y controlador.

Las características básicas de la cámara son [F3] :

- Sensor CMOS 1/2.8"
- Ángulo Pan (horizontal): $\pm 170^\circ$ a una velocidad de 100°/s
- Ángulo Tilt (vertical): $+90^\circ/-20^\circ$ a una velocidad de 90°/s
- Zoom óptico 20x
- Ángulo de visión horizontal: $2,9^\circ$ (teleobjetivo) a $55,4^\circ$ (gran angular)
- Soporta 1080p, 1080i, 720p.
- Salida HD-SDI y compuesto
- S/N Ratio: >50dB
- Control RS-422 y RS-232C
- Consumo: 12W 12V DC (incluye adaptador de tensión AC).
- Dimensiones (ancho x profundo x alto) 145x164 x164mm
- Peso: 1,55 kg

Para el control a distancia de la cámara, tanto su movimiento vertical y horizontal como el enfoque, se utiliza una unidad de control remoto con joystick y un panel de control con una gran gama de funcionalidades. Para el control de varias cámaras se puede utilizar el puerto RS-422 y el RS-232C conexionando en serie hasta 7 cámaras. En este caso se utilizará el puerto RS-422 que permite distancias mayores de hasta 1200m, pero en lugar de utilizar el cable VISCA RS-422 constituido por 8 cables, se utilizará cable de categoría 5 con los conectores VISCA RS-422 que también cuenta con 8 cables, 4 pares trenzados.

Las características básicas del controlador son [F3] :

- Control de todas las características de la cámara: PTZ, modo de exposición, etc, incluso grabación de configuraciones.
- Interfaces de control: RS-232C/RS-422 (protocolo VISCA)
- Consumo: 2,4W 12V DC (incluye adaptador de tensión AC).
- Dimensiones (ancho x profundo x alto) 391x146 x185mm
- Peso: 0,95 kg

b) Mezclador +monitor +distribuidor

En la instalación se equipa un mezclador de imágenes para poder combinar las señales de las cámaras de vídeo instaladas, de forma que las señales de salida de vídeo SDI de las cámaras se conectan a 3 de las entradas del mezclador de vídeo. Otra de sus entradas VGA recibe una de las señales de salida de la matriz de par trenzado.

Para poder visualizar la imagen final y la imagen de cada entrada por separado se instala un monitor específico conectado a una salida SDI del mezclador con un conversor intermedio SDI/HDMI.

Una vez mezclada la señal, la salida principal DVI del mezclador se lleva a la matriz HDMI y al procesador de imágenes utilizando un distribuidor DVI para duplicar la señal.



Figura 128.Mezclador cámaras y conexionado.

Las características básicas del mezclador son [F14] :

- Funcionalidades: Multi-imagen, transiciones y mezclas, efectos linear/luminance/chroma key,etc
- Frame Synchronizer en todas las entradas.
- 5 entradas: 4xSDI, 1xDVI-D
- 3 salidas: 2xSDI, 1xDVI-D
- HD: 1080/59.94i, 1080/50i, 1080/24PsF, 1080/23.98PsF 720/59.94p, 720/50p
- Consumo: 24W 12V DC (incluye adaptador de tensión AC).
- Dimensiones (ancho x profundo x alto) 210x177 x67mm
- Peso: 1,4 kg

4.5.2.6 Monitores escenario

En el escenario se instalan 4 pantallas de idénticas características, 3 monitores en la mesa del estrado y un monitor en el atril, encastrados en la mesa y atril. Los 4 están conectados a la matriz de par trenzado pudiendo recibir como señal de entrada cualquier señal de fuente de vídeo de la instalación.

Sus características básicas son [F7] :

- Tecnología LCD
- Luminancia 250cd/
- Relación de contraste 400:1
- Resolución XGA 1024x768
- Ángulo de visión: 130°(H)x100°(V)
- Vida de la lámpara:50.000h
- Entradas vídeo: vídeo compuesto(RCA)/S-vídeo (mini DIN 4 pines)
- Consumo: 40W 230V AC.
- Dimensiones (ancho x profundo x alto) 339x41x262mm

4.5.2.7 Grabadores y reproductores de vídeo

Para poder grabar eventos en vídeo o reproducir CD/DVD se utilizan los siguientes equipos ubicados en la sala de control

a) Grabador y reproductor DVD-BlueRay

Admite la reproducción de DVD, CD, USB, tarjeta SD en multitud de formatos: AVCHD, WMV, DivX, JPEG, MP3 y WMA. Se muestra en la figura 129 [F14]



Figura 129.Reproductor y grabador vídeo.

Sus características básicas son [F14] :

- Disco duro de 250GB.
- Reproducción multiformato AVCHD, WMV, DivX, JPEG, MP3 y WMA
- Doble sintonizador HD Terrestre.
- Conexión HDMI de salida.
- Conexión de red puerto LAN Ethernet 10BASE-T / 100BASE-TX
- Conexión de red inalámbrica Wi-fi.
- Conexión USB frontal para reproducción y posterior para cámara de Skype
- Consumo: 23W 230V AC.
- Dimensiones (ancho x profundo x alto) 430x238x59mm
- Peso: 2,5kg

b) Grabador vídeo HD

Se trata de un grabador de vídeo HD con tarjeta SD, admite 4 entradas de video seleccionables, aunque en este caso solamente se utilizará una entrada HDMI. Se muestra en la figura 130 [F4]



Figura 130. Grabador de vídeo HD.

Sus características básicas son [F4] :

- Grabación en disco duro interno de 80GB o en tarjetas SD.
- Grabación en MPEG 4 y codificación H.264 con audio estéreo
- Máxima resolución soportada 1080i
- Incluye funciones de control de reproducción.
- Conectores A/V de entrada: vídeo compuesto, S-Vídeo, vídeo por componentes, HDMI.
- Entradas de audio: 2x SPDIF (RCA), 2 x analógicas L + R,
- Salidas de audio: 1x SPDIF (RCA)
- Salidas A/V: HDMI 19-pines tipo "A"
- Multitud de conectores de entrada: vídeo compuesto, S-vídeo, vídeo por componentes, HDMI.
- Admite control remoto vía puerto RS-232.
- Consumo: 20W 230V AC.
- Dimensiones (ancho x profundo x alto) 175x175x53mm
- Peso: 2,27kg

Para permitir el envío de señales de audio para grabar en el dispositivo se utiliza un conversor analógico digital que transforma la señal analógica de salida de la mesa de mezclas de audio a formato digital SPDIF.

c) Ordenador.

El PC multimedia de la sala de control puede ser la fuente de señal de audio o vídeo de cualquiera de las matrices de la instalación. Los contenidos a reproducir pueden ser los de su disco duro, entradas USB, tarjetas, CD, DVD, etc.

Por otro lado permite instalar cualquier software de fabricante de equipos necesario para configurar o ampliar la funcionalidad de los mismos. Incluye monitor, teclado y ratón.

Sus características técnicas básicas son [F33] :

- Procesador dual core 2,9GHz.
- Memoria caché 3M.
- Memoria RAM 1x2GB DDR3 SDRAM 1333MHz (Ampliable a 8GB)
- Disco duro: 500GB
- Tarjeta de sonido envolvente 5.1 integrada.

- Tarjeta gráfica integrada.
- Conexión de red Ethernet.
- Sistema operativo: Windows 7 Professional 64 bits.
- Consumo: 300W 230V AC.
- Dimensiones (ancho x profundo x alto) 165x389x368mm
- Peso: 6,9kg

4.5.3 Videoconferencia

Para poder realizar videoconferencias se equipa un códec que se ubica en los racks de la sala de control, este será el encargado de codificar las señales de audio y vídeo que se quieren transmitir al otro punto de la comunicación, así como de realizar la decodificación y reproducción de las señales provenientes del otro punto de la comunicación. La fuente de vídeo principal para la videoconferencia del auditorio serán las cámaras instaladas, no obstante se podría enviar cualquier otra señal de vídeo del sistema. En cuanto al audio enviado, también podrá ser de los micrófonos de la instalación o de cualquier otra fuente de audio. En la figura 131 se muestra el códec de videoconferencia [F5]



Figura 131.Codec de videoconferencia.

El códec soporta los dos tipos de protocolos de videoconferencia más utilizados H.323 y SIP, admitiendo un máximo de 4 participantes en la conferencia.

Sus características técnicas básicas son [F5] :

- Montaje en rack, 1U.
- H.323/SIP hasta 6Mbps punto a punto.
- Conferencia multipunto SIP/H.323 con 4 participantes.
- Estándares de video y protocolos: H.261/H.263/H.263+/H.264
- Resolución de contenidos de video
 - Hasta 1080p
 - Entrada: Full HD(1920x1080), hasta VGA (640x480)
 - Salida: Full HD (1920x1080) hasta VGA (640x480)
- Estándares y protocolos de audio
 - G.711, G722, G.722.1, 64 bit kbps y 12kbps MPEG4
 - AAC-LD, AAC-LD Stereo
- Entradas de vídeo: 2xHDMI+1xDVI-I+S-vídeo/vídeo por componentes.
- Salidas de vídeo: 1xHDMI+1xDVI-I.
- Entradas de audio: 2xXLR+2xRCA+1xHDMI
- Salidas de audio: 2xRCA+1xHDMI
- Conexión de red: 2xRJ45 2 x 10/100/1000 MB Ethernet
- Consumo: 175W 230V AC.
- Dimensiones (ancho x profundo x alto) 442x278x44mm
- Peso: 4kg

4.6 Sistemas de Iluminación

4.6.1 Descripción sistema iluminación

Debido a que el salón de actos se va a dotar de un equipamiento para uso polivalente, se seleccionará una iluminación realista frontal y lateral con focos tipo Fresnel, si algún evento requiriese el empleo de otro tipo de focos tipo cañón o de efectos se deberían instalar específicamente para dicho evento.

En la iluminación frontal se conseguirá una iluminación uniforme fusionando haces sin discontinuidad. Con la iluminación lateral permitirá añadir volumen a la escena y además dirigir uno de los focos hacia el atril para las exposiciones realizadas desde esa zona. .

Para la iluminación frontal del escenario se ha dispuesto de seis focos de tipo Fresnel con carril de zoom suave y estable con porta-filtros y visera.

Para la iluminación trasera del escenario se ha dispuesto de seis focos, tres a cada lado del escenario, de tipo Fresnel con carril de zoom suave y estable con porta-filtros y visera.

Las lámparas de los proyectores son de halógenas de 1000W, de temperatura de color de 3050K, 21500 lúmenes y 750horas de vida.

Los 3 trusses sobre los que van montados los anteriores proyectores incorporan dos motores eléctricos en sus anclajes, que permiten la bajada/subida de éstos con el fin de facilitar las labores de mantenimiento en los tiempos más cortos posibles, fundamentalmente para el cambio de lámparas.

Para el soporte de la iluminación espectacular se ha previsto la colocación de 1 truss triangular de 6 m sobre la cabecera de la zona de butacas y 2 truss triangulares de 3 m a los lados del escenario. La ubicación de los elementos de truss se refleja en los planos adjuntos.

Todos los proyectores equipados se controlarán mediante el protocolo de control de iluminación DMX para regular la intensidad de la lámpara. Esto se realiza a través de la interfaz que proporciona la mesa de control de iluminación que enviará la señal DMX a los dimmers unificados en un equipo único. Tanto la mesa de control de iluminación como el dimmer se encuentran ubicados en la sala de control.

Desde el cuadro eléctrico llegará la alimentación trifásica al dimmer de iluminación con la potencia necesaria para todos los focos de la instalación $12 \times 1000W = 12000W$. Las salidas del dimmer serán 12 salida de alimentación eléctrica monofásica, una para cada foco.

Por otro lado al dimmer de iluminación debe llegar la señal de control DMX desde la mesa de control de iluminación. A través de un único cable llegarán las señales de control de los 12 focos. Lo primero que se debe hacer es configurar las direcciones de los 12 focos, de forma que se configuran los canales por los que se transmite la orden a cada foco. En este caso, al tratarse de focos convencionales, la única señal de control que se enviará será la de la intensidad luminosa, por tanto habrá un canal por cada foco. Dicho canal puede tomar valores desde 0 a 255, que equivalen a foco apagado y foco al 100%.

Aunque se verá posteriormente en el apartado del sistema de control, para permitir regular la iluminación también desde el sistema de control se incorporará un interfaz específico a DMX desde el controlador de dicho sistema. De esta forma los focos atenderán tanto a la mesa de iluminación como a las pantallas táctiles del sistema de control.

4.6.2 Equipamiento iluminación

4.6.2.1 Foco tipo Fresnel

Foco de tipo Fresnel con carril de zoom suave y estable con portafiltros y visera para iluminación frontal y lateral del escenario, mostrado en la figura 132 [F10]



Figura 132. Foco Fresnel.

Sus características principales son [F10] :

- Construcción robusta con perfiles de aluminio.
- Lente de Borosilicato de Ø 150mm. Portafiltro. Rejilla de seguridad extraíble.
- Ranura de inserción para porta filtro y visera.
- Soporte. Ajuste del focus con bisinfín.
- Zoom de 10° a 64°; zócalo GY16 para lámpara de 650/1000W.
- Sistema de ventilación por laberinto.
- Reflector esférico de aluminio pulido. Malla de protección frontal. Fácil acceso y desenroscado para la limpieza de la lente. Acabado en negro

4.6.2.2 Truss de iluminación

Truss triangular formado por tubos principales de 51x2 mm y diagonales de 16x2mm. Existe la posibilidad de acoplar varios módulos para obtener un truss de mayor tamaño. Se instalarán truss de dos tamaños distintos, uno de 6m para la iluminación frontal y dos de 3m para los laterales. Su aspecto se muestra en la figura 133 [F31]



Figura 133. Truss de iluminación.

Sus características principales son [F31] :

- Carga uniformemente distribuida: 404.1 kg/m
- Carga máxima punto central: 606.1 kg
- Peso total: 11.4 kg
- Deflexión 8mm
- TPL (Carga en dos puntos con vano dividido en tercios) : 454.6 kg
- QPL (Carga en tres puntos con vano dividido en cuartos): 303.1 kg
- FPL (Carga en cuatro puntos con vano dividido en quintos): 251.5 kg

4.6.2.3 Motor elevación truss

Motor particularmente adecuado para el manejo de equipos de escenario y de teatro, permitiendo colocar con total seguridad y con mucha precisión elementos de sonorización, iluminación, escenografía, etc. Se trata de un polipasto eléctrico de cadena certificado CE y conforme con la norma americana CSA.

Sus características principales son [F31] :

- Motor de elevación clase F.
- Embrague limitador de carga para mayor seguridad.
- Freno de disco electromagnético.
- Alimentación de 400 V-trifásica- 50 Hz/460-60 Hz-trifásica.
- Ganchos inferior y superior giratorios.
- Cuerpo de polipasto de aluminio inyectado.
- Rótula de elevación de 5 alveolos.
- Sistema de guiado de la cadena con expulsión horizontal.
- Pintura negra mate (RAL 7021).
- Velocidad (m/min): 4
- Factor de marcha (%): 40
- Cadena (mm): 4.8x12.5
- Potencia del motor (kW): 0.85kW
- Dimensiones (mm): 401x247x135 (ancho x profundo x alto)
- Cadena, peso por metro: 0.55 kg

4.6.2.4 Mesa de control de iluminación

Debido a que la tipología de iluminación seleccionada es sencilla y no se requerirán complejos efectos de iluminación como los que pueden necesitarse en un teatro, se ha escogido una mesa básica para el control de la iluminación frontal y lateral del auditorio, 12 proyectores. La mesa de control de iluminación se muestra en la figura 134 [F32]



Figura 134. Mesa de control de iluminación.

Sus características principales son [F32] :

- Controlador 24 canales DMX.
- Permite configurar 48 escenas.
- MIDI In, MIDI Out, DMX In, Audio In (x2).

4.6.2.5 Dimmer de iluminación

El dimmer de iluminación permite regular la intensidad de la luz emitida por los focos instalados. Presenta una entrada de alimentación eléctrica trifásica y 12 salidas monofásicas de alimentación eléctrica a cada foco. Asimismo cuenta con una entrada de control DMX que es la que envía la orden de regulación de la tensión aplicada a cada foco. Se muestra en la figura 135 [F30] .



Figura 135. Dimmer de iluminación.

Sus características principales son [F30] :

- Dimmer mural digital de 12 salidas de 10A con pantalla LCD. Filtros de 400μS por canal.
- Controlado mediante procesador RISC de alta velocidad con alta resolución del convertidor D/A. Acceso de todas las funciones del menú a través de teclas y visualizado en pantalla LCD. Selección de tipos de curva.
- Alimentación trifásica 3 x 40A. Interruptor magnetotérmico general de 4 polos.
- Protección de salidas a través de interruptores magnetotérmicos de doble polo.
- Entrada DMX de 3 y 5 polos y 0-10V mediante conector SUB-HD15. 12 salidas mediante bornes carril DIN.

4.7 Sistema de control

4.7.1 Esquema de principio

En el esquema de principio mostrado en la siguiente figura se pueden ver los equipos de control seleccionados para el control del equipamiento de audio y video descrito en los anteriores apartados. Asimismo se muestran sus interconexiones y el tipo de cableado empleado.

El resumen del equipamiento de control es el siguiente:

- 1 unidad central de control
- 1 panel táctil de control inalámbrico 8"
- 1 panel táctil de control inalámbrico de 6"
- módulos de relés
- 1 modulo MIDI para control de la mesa de audio
- 1 modulo DMX para control de luces

El núcleo de la instalación de control es la unidad central de control por la que pasan todas las señales de control de la instalación, no obstante la interfaz del usuario serán las dos pantallas táctiles a través de las cuales se podrán manejar todos los equipos mostrados en la figura. Una de ellas se ubicará en la mesa del escenario y la otra en la sala de control con un perfil técnico.

Los módulos de relés se utilizan para el encendido y apagado de los circuitos de alimentación del equipamiento audiovisual de la sala en los racks, así como para el manejo de los motores de los trusses de iluminación y de la pantalla de proyección.

Asimismo se añaden módulos de control específicos para el control de la mesa de mezclas de audio y de la iluminación.

El control de la mayoría de los equipos de la instalación se realiza con el protocolo RS-232, así es para las matrices de par trenzado, HDMI y el procesador multiventana, a través del control se pueden configurar totalmente las matrices, de forma que se pueden seleccionar la entrada que queremos enviar a cada salidas.

También se controlar los grabadores de audio y vídeo, control de reproducción y grabación, subtítulos, etc. El reproductor de DVD se comunica a través de infrarrojos mientras que los grabadores de vídeo en HD y de audio se comunican mediante el protocolo RS-232.

El códec de videoconferencia es controlado a través del protocolo RS-232, pudiendo acceder a todas las funcionalidades como si del interfaz propio se tratara. El transmisor y selector de audio y vídeo 6x1 situado bajo el escenario para seleccionar las señales A/V que se transmiten desde las cajas del escenario es controlado también por el sistema de control, pudiendo escoger las señales a transmitir a la matriz de par trenzado.

En cuanto al control de las cámaras de vídeo, como ya se menciona en apartados anteriores, es independiente al sistema general y se realiza a través del panel de control propio con protocolo de comunicación propietario independiente.

4.7.2 Equipamiento

4.7.2.1 Unidad central de control

La unidad central de control constituye el cerebro del accesible sistema de control de la instalación de audio y vídeo. Se encarga de enviar las señales de control a los equipos de la instalación, aunque el manejo del mismo no se realiza directamente sobre su panel de control sino a través de las pantallas táctiles que, una vez reciben las órdenes del operador envían a la unidad central de control las órdenes para que éste actúe enviando las señales de control correspondientes a los equipos implicados.

Presenta un formato enrackable como se puede ver en la figura 137 [F9] , pudiendo ser configurada de forma muy flexible ya que admite distintos tipos de tarjetas de comunicación: IR, RS-232, RS-422, RS-485, relés, entradas/salidas digitales, entradas/salidas analógica, MIDI, Ethernet.



Figura 137. Unidad central de control.

Sus características básicas son [F9] :

- Procesador de 32 bits, con montaje especial para sustitución rápida.
- Arquitectura de doble bus: Y-Bus 40Mbps (IR, protocolos serie)+Z-Bus 300Mbps (Fast Ethernet). Espacio para 12 tarjetas de control Y-bus y 4 tarjetas de control Z-Bus.
- Bus propietario para comunicación con interfaces de control propios como son los paneles táctiles, teclados, etc.
- Posibilidad de conexión como esclavo para ampliar un sistema de control.
- Admite control IP: single/dual port Ethernet, full-duplex 10/100 Ethernet.
- Incluye software específico para su configuración, aunque a través de SNMP puede ser controlado por otro software.
- Protección SSL (Secure Socket Layer) de las comunicaciones.
- Actúa como un firewall y router para facilitar la configuración de una LAN privada incorporando NAT (Network Address Translator).
- Slot para ampliar la memoria hasta 2GB (compact –flash memory card).
- Panel frontal LCD programable.
- Consumo: 12W 230V AC (sin tarjetas de control)
- Dimensiones (ancho x profundo x alto): 482x232x177mm
- Peso: 4,3kg

Para el control del equipamiento seleccionado en el auditorio se equipan las siguientes tarjetas en el procesador central:

- 1 tarjeta con un puerto Ethernet.
- 3 tarjetas con 3 puertos RS-232/422/485.
- 1 tarjeta de 8 puertos infrarrojos para el control del reproductor y grabador de vídeo.
- 1 tarjeta interfaz MIDI para control de la mesa de mezclas de audio (cuenta con un software que proporciona un interfaz Windows para facilitar la programación).

Asimismo es necesario incorporar un emisor de infrarrojos para comunicación con el reproductor y grabador de vídeo y una antena de radiofrecuencia para comunicación con la pantalla de control táctil de 8" ambos equipos con conexión a la unidad central de control con cableado y protocolo específico de fabricante.

4.7.2.2 Pantallas táctiles de control

Se equipan dos pantallas táctiles de 6" y 8" (figura 138 [F9] y 139 [F9]), que constituyen el interfaz de usuario para el control de todo el equipamiento audiovisual, permitiendo configurarlo de forma remota.

La pantalla de 8" se ubica en la mesa del escenario y se conecta por Wi-fi a la unidad central de control, esta pantalla se ha configurado para permitir el acceso a un menú más completo y técnico que la pantalla del escenario.

La pantalla de 6" se ubica en la mesa de escenario y se conecta al sistema de control a través de la red LAN. Permite también el control y configuración de los equipos de la instalación audiovisual con un acceso restringido a algunas configuraciones más técnicas de la instalación, siendo no obstante más que suficiente para controlar un evento desde el mismo.

Para que realicen dichas funciones es necesario emplear el software específico de fabricante y mediante programación crear los menús y controles adaptados a los sistemas y equipos de la instalación.

a) Pantalla táctil 8"



Figura 138. Pantalla táctil de control de 8".

Sus características básicas son [F9] :

- Pantalla de 8.4"
- Gráficos de 16-bit Isys i/O graphics
- Resolución: 800 x 600
- Algoritmo sináptico de renderizado

- Windows SideShow
- Menú de objetos dinámicos
- Comunicación inalámbrica 802.11a/b/g Wi-Fi 2-way
- Sistema operativo Windows XP embebido
- Incorpora aplicaciones para conexión web, streaming, videoconferencia, VoIP y control remoto
- Vídeo inalámbrico de la red de cámaras
- Incluye micrófono y altavoces estéreo
- Incluye batería interna de ión Li
- Consumo: 42W 230V AC
- Dimensiones (ancho x profundo x alto): 247x29x209mm
- Peso: 0,9kg

b) Pantalla táctil 6"



Figura 139. Pantalla táctil de control de 6".

Sus características básicas son [F9] :

- Pantalla de 5.7"
- Relación de aspecto: 4:3 QVGA
- Resolución: 640 x 480
- Contraste: 400:1
- Brillo: 350 nits (cd/m2)
- Profundidad de color: 18-bits, 256k
- Iluminación: Retroiluminado
- Ángulo de visión: +/- 80° horizontal, +80°/-70° vertical
- Menú de objetos dinámicos
- Comunicación inalámbrica 802.11a/b/g Wi-Fi 2-way
- Sistema operativo Windows XP embebido
- Incorpora aplicaciones para conexión web, streaming, videoconferencia, VoIP y control remoto
- Vídeo inalámbrico de la red de cámaras.
- Consumo: 18W 230V AC
- Dimensiones (ancho x profundo x alto): 206x40x130mm
- Peso: 0,72kg

4.7.2.3 Módulo DMX

Es una interfaz serie/DMX512 para permitir el control de un sistema de iluminación desde uno de los puertos serie, RS-232/RS-422 de la unidad central de control. Se muestra en la figura 140 [F9]



Figura 140. Interfaz RS-232/DMX para control.

Cuenta con dos puertos DMX, DMX Out para enviar datos al dimmer y DMX In para recibir datos de la consola de iluminación DMX. La otra entrada es la del puerto serie RS-232/RS-422 seleccionable.

Sus características básicas son [F9] :

- Entrada RS-232/RS-422 seleccionable.
- Entrada DMX512-A.
- Salida DMX512-A
- Consumo: 5W 230V AC
- Dimensiones (ancho x profundo x alto): 110x200x57mm
- Peso: 0,48kg

Por tanto el control de iluminación se puede realizar bien desde la mesa de control de iluminación o bien desde las pantallas de control táctil equipadas, según el siguiente esquema.

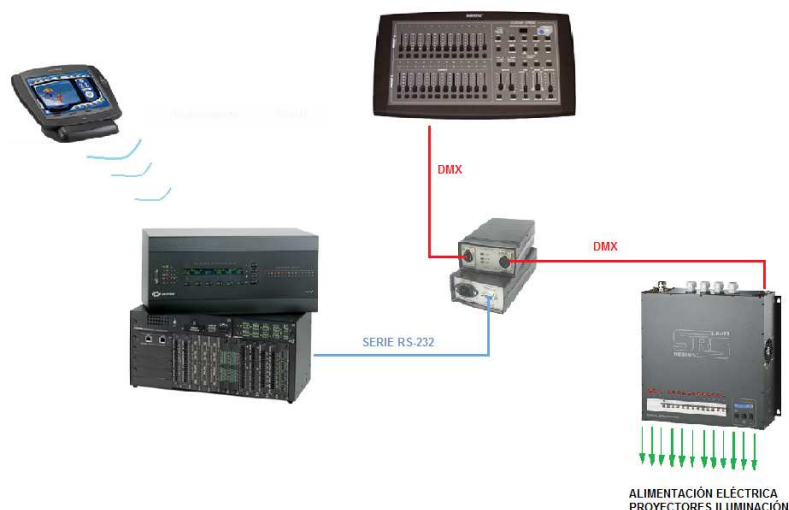


Figura 141. Esquema de control de iluminación.

4.7.2.4 Relés de control

Para el control de los motores de la pantalla de proyección y de los truss de iluminación, así como para el apagado y encendido de los equipos audiovisuales se utilizan dos tipos de relés. El primero controla los motores de la pantalla de proyección y de los motores del truss central. El segundo controla los truss laterales y el apagado y encendido de los equipos audiovisuales. Se muestran en la figura [F9]



Figura 142. Relés de control de motores y de encendido/apagado equipos.

Ambos relés son para montaje en carril DIN y se instalan en la parte trasera de los racks de la sala de control. Admiten la entrada de contacto externo para control manual (override) desde el panel frontal, que incorpora LEDs y botones, en lugar de realizarse a través de las entradas de control.

Para ampliar las señales de control que proporciona la unidad central de control y poder realizar el control de los relés se debe equipar un repetidor o hub, así como una fuente de alimentación para los equipos.

a) Características principales relé control 2 salidas [F9]

- 2 canales de salida para control de motores monofásicos de 0,5CV 230V AC 50Hz cada canal.
- 2 entradas de control: 4-pin 3,5mm (compatible con la unidad central de control).
- 2 entradas de override: 2-pin 3,5mm.
- Consumo: 3W 24V DC.
- Dimensiones (ancho x profundo x alto): 106x59,5x94,2mm
- Peso: 0,21kg

b) Características principales relé control 8 salidas [F9]

- 8 canales de salidas:
 - o para control de lámparas incandescentes 10A
 - o para control de lámparas fluorescentes 5A
 - o para control de motores de 0,5CV 230V AC 50Hz cada canal.
- 2 entradas de control: 4-pin 3,5mm (compatible con la unidad central de control).
- 2 entradas de override: 2-pin 3,5mm.
- Consumo: 5,4W 24V DC
- Dimensiones (ancho x profundo x alto): 159x59,5x94,2mm
- Peso: 0,37kg

c) Hub de control.

Para poder llevar las 4 entradas de control propias a estos relés se debe equipar un hub que permite ampliar las señales de control transmitidas desde la unidad central de control. Se muestra en la figura 143 [F9]



Figura 143. Hub de control.

Sus características principales son [F9] :

- 6 entradas/salidas de control: 4-pin 3,5mm (compatible con la unidad central de control).
- Consumo: 2W 24V DC
- Dimensiones (ancho x profundo x alto): 179x160x45,7mm
- Peso: 0,86kg

4.8 Cajas escenario

La mesa y el atril existentes en el escenario además de los micrófonos, monitores de vídeo y pantalla de control táctil mencionados en los apartados específicos de los sistemas de audio, vídeo y control cuentan con cajas de conexiones de audio, vídeo y datos encastradas, tres en la mesa y una en el atril.

Para el paso del cableado audiovisual y de alimentación eléctrica desde las canalizaciones que discurren bajo el escenario hasta estas cajas y el resto de equipamiento se deben realizar dos huecos en la tarima del escenario, uno bajo la mesa y otro bajo el atril. En estos huecos se montarán dos cajas de suelo empotradas con tapa de madera que disimula su existencia en caso de retirar la mesa o el atril. El cableado desde las cajas de la mesa hasta las cajas de suelo permanece oculto por la mesa y el atril. En la figura 144 se muestran las cajas de mesa y de suelo [F13]



Figura 144. Cajas de mesa y de suelo.

Las conexiones de audio y vídeo se muestran en los planos con los esquemas de la instalación, en cuanto a las conexiones de datos se conectan a la red de datos existente en el edificio, que no es objeto del proyecto.

Las características principales de las cajas de conexiones son [F13]:

- Apertura y cierre mecánicos.
- Toma de corriente AC.
- Dos conectores hembra CAT6 RJ45 para datos.
- Conexión HDMI (solo en la caja del atril y en una de las 3 cajas de las mesas).
- Un conector VGA sub-D de 15 pines + audio minijack estéreo.
- Peso: 3,8kg

4.9 Instalaciones auxiliares y sala de control

4.9.1 Cuadro eléctrico

Para la alimentación de los equipos de la instalación audiovisual se equipa un cuadro eléctrico que se alimentará desde el Cuadro General de SAI existente en el Edificio donde se ubica el auditorio. Se tomará su alimentación desde un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) específico debido a que el fallo de alimentación eléctrica durante el desarrollo de un evento no es conveniente y además previene que los picos de tensión puedan dañar los equipos al proporcionar los SAIs una tensión de alimentación controlada dentro de unos parámetros estrictos de calidad.

Las secciones de las líneas de alimentación se calculan cumpliendo con las intensidades máximas admisibles y las máximas caídas de tensión permitidas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. El cálculo de las secciones se muestra en la siguiente tabla.

CÁLCULO LÍNEAS CUADRO AUDITORIO (SAI)

CIRCUITO		POTENCIA (kW)	LONGITUD (m)	INT (A)	SECCION	CAIDA TENSIÓN (V)	CAIDA TENSIÓN (%)
Nº	NOMBRE						
1	Pantalla de proyección	0,5	40	2,72	R-3x2,5	1,24	0,54
2	Equipos Escenario - bajo suelo	1	35	5,43	R-3x2,5	2,17	0,95
3	Equipos Escenario - Sobre techo	0,1	40	0,54	R-3x2,5	0,25	0,11
4	Zona proyectores	2,5	20	13,59	R-3x2,5	3,11	1,35
5	Zona Rack Audio 1	2,5	15	13,59	R-3x2,5	2,33	1,01
6	Zona Rack Audio 2	1,5	15	8,15	R-3x2,5	1,40	0,61
7	Zona Rack Video + Control	2	15	10,87	R-3x2,5	1,86	0,81
8	Zona Control Audiovisual	1	15	5,43	R-3x2,5	0,93	0,41
9	Dimmer - Trifásico	27,6	20	49,80	R-5x25	1,10	0,28
9.1 a 9.12	Proyectores 1 a 12	1	55	5,43	R-3x2,5	3,42	1,49
10	Círculo 1 Motores polipastos	1	15	5,43	R-3x2,5	0,93	0,41
11	Círculo 2 Motores polipastos	1	15	5,43	R-3x2,5	0,93	0,41

Tabla 6. Tabla cálculo secciones líneas de alimentación circuitos audiovisuales.

El cuadro eléctrico cuenta con los circuitos eléctricos necesarios para alimentar todos los equipos audiovisuales de la instalación, agrupados por potencia, funcionalidad y ubicación según los circuitos mostrados en la siguiente tabla.

CIRCUITOS DE ALIMENTACION EQUIPOS AUDIOVISUALES EN CUADRO ELECTRICO AUDITORIO

Nº	Zona	Cons. Máx.	Elementos	SECCIÓN LÍNEA (mm2)
1	Pantalla de proyección	500W	SPACE JUMBO	R-3x2,5
2	Equipos Escenario - bajo suelo	1000W	EXTRON SW6 MTP T 15HD A EXTRON HDMI 201TX/RX EXTRON MTP RL 15 HDA EXTRON P/2 DA4xi 4xALBIRAL 150HV01MR CRESTRON TPSI-6 X	R-3x2,5
3	Equipos Escenario - Sobre techo	100W	2 CÁMARAS	R-3x2,5
4	Zona proyectores	2500W	2 PROYECTORES 1 CÁMARA	R-3x2,5
5	Zona Rack Audio 1	2500W	2xMC2 T-3500	R-3x2,5
6	Zona Rack Audio 2	1500W	MARTIN AUDIO MA-2.8Q MC2 Ti-1048 RANE216S DBX 220i GRABADOR HD GEFEN GRABADOR AUDIO MARANTZ PMD 580 2xSHURE ULXP 14/85 2xSHURE ULXP 24/58 SISTEMA CONFERENCIAS DIS DD5900 BEHRINGER ADA 8000 EXTRON MTP DA4	R-3x2,5
7	Zona Rack Video + Control	2000W	DVD PANASONIC MATRIZ PAR TRENZADO EXTRON MTPX PLUS 128 MATRIZ HDMI EXTRON SMX300 PROCESADOR EXTRON MGP 46 4DI CODEC VIDEOCONFERENCIA TANDBERG C40 CONTROLADOR CRESTON+EQUIPOS CRESTON EQUIPOS EXTRON (TRANSMISIÓN/RECEPCIÓN/CONVERSIÓN PAR TRENZADO)	R-3x2,5
8	Zona Control Audiovisual	1000W	YAMAHA 01V96i + MY8ADDA96 SONY RM-BR300 YAMAHA MS101III SAMSUNG LE19D450 CRESTRON TPMC 8X-GA PANASONIC AW-HS50E BOTEX DC1224 HP LH125EA/Z3	R-3x2,5
9	Dimmer - Trifásico	27600W	ILUMINACIÓN (12x1000W)	R-5x25
10	Circuito 1 Motores polipastos	400W	MOTOR PANTALLA MOTORES TRUSS ILUMINACION CENTRAL	R-3x2,5
11	Circuito 2 Motores polipastos	800W	MOTORES TRUSS ILUMINACIÓN IZQDA Y DCHA	R-3x2,5

Tabla 7. Tabla circuitos de alimentación cuadro eléctrico.

Según los datos de consumo suministrados por los fabricantes el consumo máximo del conjunto será de 40kW, diseñándose el cuadro eléctrico para permitir dicho consumo e incluso un aumento de un 100% en previsión de incluir futuros equipos.

Los circuitos eléctricos de alimentación a cada conjunto de equipos se dimensionan para los valores máximos de consumo suministrados por el fabricante. En la práctica por simultaneidad y porque los equipos en funcionamiento normal no consumen el 100% de su potencia máxima, el consumo simultáneo podría ser de unos 15kW, siempre que se utilice la iluminación que representa el 50% del consumo total de la instalación audiovisual del auditorio.

4.9.2 Climatización

Debido a que la nueva instalación se realiza en un salón de actos existente, éste cuenta con un sistema de climatización, tanto en la sala de control como en el propio auditorio. Únicamente se comprobará que su capacidad permite climatizar la nueva carga térmica de los equipos, en la situación más desfavorable que es en verano donde es necesario refrigerar.

Según los datos suministrados por los fabricantes, en algunos casos, y en otros, estimando que el calor disipado por los equipos es un 50% de la potencia consumida, se podría estimar que el total de la carga térmica a combatir en la sala de control es de unos 10kW, teniendo en cuenta también la iluminación existente en la sala. No es objeto de este proyecto el definir el equipo de climatización a instalar pero si el determinar la potencia térmica a disipar, recomendándose seleccionar un equipo con una potencia frigorífica de al menos 20kW, para poder asumir futuras ampliaciones de equipamiento.

En cuanto al auditorio, el nuevo equipamiento audiovisual puede suponer unos 15kW, la carga térmica de las personas en el peor de los casos sería de unos 27kW (270 personas x 100W), mientras que la iluminación convencional del auditorio se estima en 5kW (350m² x 14W/m² = 4900W). Por tanto, la carga térmica total a combatir es de unos 50kW.

4.9.3 Trabajos auxiliares

Para la ejecución de la instalación es necesario realizar trabajos auxiliares de desmontajes de falsos techos, instalación de andamio para montaje de equipos en falso techo, apertura de huecos para paso de cableado, fijación de los soportes de los equipos a forjado, sellados ignífugos, etc. Lo anterior se tendrá en cuenta en una partida específica del presupuesto del proyecto.

Aunque no es el objeto del proyecto el definir en detalle estos trabajos, en la figura 145 [F1] [F2] [F3] se muestran detalles de fijación de algunos de los equipos.

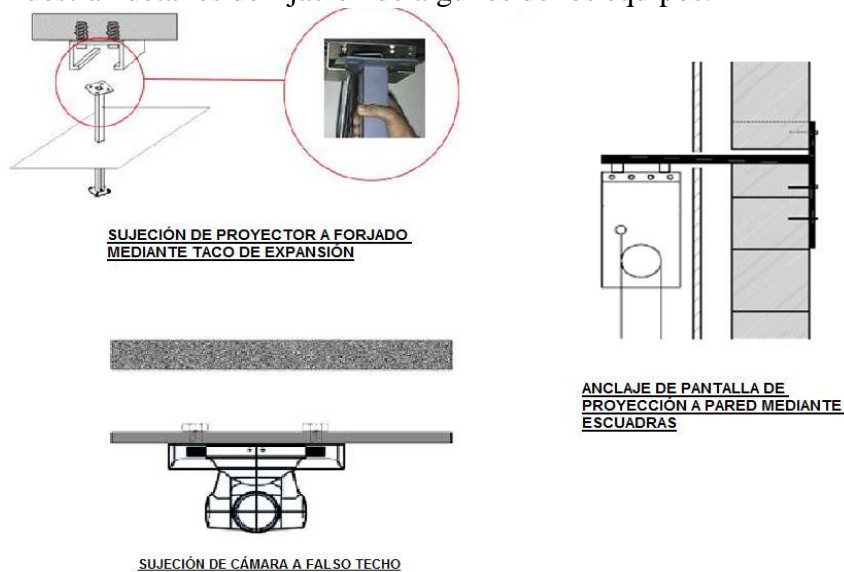


Figura 145. Detalles soportación y anclaje de equipos.

4.9.4 Racks sala de control

Para la instalación de los equipos audiovisuales se instalarán dos racks de audiovisuales (58,5x206x58,5cm=anchoxaltoxfondo) en la sala de control. La distribución de los equipos en los racks se muestra en los planos de la instalación existiendo espacio de reserva suficiente para permitir futuras ampliaciones.

Los equipos que requieren manipulación de sus controles se ubican en la mesa de trabajo de la sala de control.

4.9.5 Tomas de datos

Además de las conexiones de las señales audiovisuales, algunos de los equipos instalados deben conectarse a la red de datos existente en el Edificio, estos son:

- PC cabina de control.
- Códec de videoconferencia.
- Unidad central de control.
- Toma de datos RJ45 de caja de atril del escenario.
- 3 tomas de datos RJ45 de las cajas de la mesa del escenario.

Las conexiones se realizan a los racks existentes pertenecientes a la red de datos del edificio, estos racks se encuentran en salas técnicas cercanas, por lo que su tendido es sencillo, teniendo únicamente que realizar un nuevo hueco o romper los sellados ignífugos existentes, tender el cable, conectarlo y ejecutar un sellado ignífugo para mantener los sectores de incendios. En los planos del proyecto no se muestra dicho cableado, pero se ha tenido en cuenta en el presupuesto.

4.10 Cableado

Como se puede observar en los esquemas de principio para la interconexión de los equipos se utilizan distintos tipos de cableado, según la tipología de la señal a transmitir y la distancia de transmisión: par trenzado, HDMI, SDI, cat5, cat6, cable DMX, etc, así como cables de menor longitud para las señales nativas de cada equipos como son VGA, DVI audio analógico, etc. A continuación se verán los tipos fundamentales de cableado empleados en la instalación y sus características básicas.

4.10.1 Audio analógico

4.10.1.1 Señales de línea

Para las señales de audio de bajo nivel, como son las señales de micrófonos o de nivel de línea se utiliza cable con un par trenzado de 22 AWG ($0,325\text{mm}^2$) de hilos de cobre estañado que facilita la soldadura. Se muestra en la figura 146 [F23] , en los planos están referenciadas como AUDIO 1. Cuenta con dieléctrico de polietileno para minimizar la atenuación de las altas frecuencias y cubierta de PVC. La pantalla del cable está constituida por un cable del mismo diámetro que los conductores lo que facilita la conexión del cable. Presenta baja atenuación y baja diafonía [F23] .



Figura 146. Cable de audio analógico para señales de micrófono o de línea.

4.10.1.2 Altavoces

Para transmitir las señales de audio de nivel alto desde los amplificadores hasta los altavoces, se utiliza cable con un par trenzado de 12 AWG ($3,31\text{mm}^2$) de hilos de cobre libre de oxígeno con una pureza de 99,999% de cobre que proporciona máxima conductividad y transferencia de potencia. Para reducir la atenuación e incrementar el ancho de banda cada conductor está envuelto con un dieléctrico de polietileno de pérdidas bajas. La cubierta es extraflexible de PTE [F23] . Se muestra en la figura 147 [F23] , en los planos están referenciadas como AUDIO 2.



Figura 147. Cable de audio analógico para señales de altavoces.

4.10.2 HDMI

4.10.2.1 Distancias cortas

Para la interconexión de la matriz de vídeo HDMI con los equipos se utiliza cable HDMI de alta velocidad que soporta resoluciones HDTV de hasta 1080p y DVI de hasta WQXGA, con conductores de diámetro 24AWG (7/0,2) y pantalla de aluminio poliéster [F21]. Se muestra en la figura 148 [F21].



Figura 148. Cable HDMI de alta velocidad para distancias de hasta 15 metros.

4.10.2.2 Largas distancias

En el caso especial de la interconexión con los proyectores de vídeo, que se encuentran a más de 15m se utiliza un extensor HDMI que permite aumentar la longitud de transmisión amplificando la señal y un cable de señal HDMI plano de alta velocidad de 24 AWG (7/0,2), pantalla de aluminio poliéster, soportando también resoluciones HDTV de hasta 1080p y DVI de hasta WQXGA [F21]. Se muestra en la figura 149 [F21].



Figura 149. Cable HDMI plano de alta velocidad.

4.10.3 SDI

Para la transmisión de la señal de vídeo de las cámaras se utiliza el cable coaxial de alta definición mostrado en la figura 150 [F23] . Alcanza hasta 4,5 GHz en transmisión de HDTV, para distancias de hasta 108m. El conductor central es de cobre sólido de diámetro 14AWG ($2,08\text{mm}^2$) e impedancia nominal $75\ \Omega$. La pantalla está constituida por cobre estañado y trenzado con cobertura del 95% más una lámina. Cuenta con un dieléctrico de espuma de baja atenuación y una cubierta de PVC [F23] .



Figura 150. Cable coaxial para transmisión de SDI.

4.10.4 Cat5e

Para la transmisión de audio y vídeo sobre par trenzado y que no haya desfases entre los 4 pares, por el diferente trenzado de los mismos se utiliza el cable, de Cat5e U/UTP.

También se utiliza este cableado para el control de las cámaras, con protocolo y conectores específicos VISCA. Existe un cable específico de 8 conductores para el control de las cámaras, pero los cables de 4 pares también cuentan con 8 conductores que pueden

transmitir la misma señal, únicamente hay que instalar los conectores especiales en los extremos.

Se trata de un cable de 4 conductores trenzados de cobre sólido 24 AWG con una impedancia nominal de $100\Omega \pm 15$ y cubierta de PVC [F25] . Se muestra en la figura 151 [F25]



Figura 151.Cable UTP Cat5e.

4.10.5 Cat6

Para la transmisión de audio y vídeo sobre par trenzado convertido desde HDMI, se emplea cable U/UTP de 4 pares categoría 6. Cuenta con un refuerzo central cruzado que reduce el riesgo de aplastamiento y torsión, principal causa de la pérdida de rendimiento del cable.

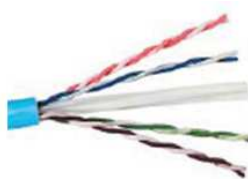


Figura 152.Cable UTP Cat6.

Se trata de un cable de 4 conductores trenzados de cobre sólido 23AWG con aislante de núcleo de polietileno y cubierta general LSHZ (Low Smoke Zero Halogen) [F25] . Se muestra en la figura 152 [F25] .

4.10.6 Fibra óptica

El cable de fibra óptica se emplea únicamente para la conexión de la ampliación de entradas y salidas de la mesa de audio. Para ello se ha escogido un cable de fibra óptica multimodo OM3 50/125 con 2 fibras y cubierta libre de halógenos LSZH [F25] .

4.10.7 Cable de control.

Tanto para la comunicación de la unidad central de control con los relés de control de motores y apagado/encendido de equipos de racks, como para el control RS-232 de los equipos y el control MIDI de la mesa de mezclas de audio, se utiliza un cable de comunicación, constituido por 4 conductores de comunicación que proporcionan

comunicación bidireccional y alimentación de 24V para los dispositivos, admitiendo una longitud de hasta 1500m. Se muestra en la figura 153 [F22] .

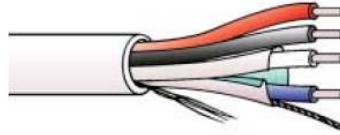


Figura 153.Cable de control.

El par de alimentación 24V DC y tierra es de conductor de hilos de cobre estañado 18AWG (16x30) y aislamiento de F-R-PVC. El par para los datos es apantallado, con conductor de hilos de cobre 22 AWG (7x30), pantalla de lámina de poliéster/aluminio con 100% de cobertura y cable de hilos de cobre estañado 24 AWG (7x32). El aislamiento es de espuma de polietileno de alta densidad. La cubierta general es de F-R-PVC [F22] .

4.10.8 DMX

Para la transmisión de las señales de control de iluminación con el protocolo DMX512 se utiliza un cable que cumple con el estándar USITT, 120 Ω , baja capacidad y doble pantalla. Cuenta con 4 conductores 12AWG (7x32) y dieléctrico de espuma de polietileno de 0,5mm de espesor. La pantalla está constituida por cobre estañado trenzado con cobertura del 90% más una lámina con cobertura del 100% más un cable de hilos de cobre estañado 24AWG (7x32). La cubierta es de PTE [F23] . Se muestra en la figura 154 [F23] .



Figura 154.Cable DMX.

4.10.9 Latiguillos y conectores varios

Asimismo para las conexiones en la sala de control y desde el escenario hasta el rack situado bajo el mismo, se utilizan distinta tipología de cables (VGA, DVI, etc) de menor longitud con variedad de conectores (RCA, XLR, jack, etc) que se incluyen en el presupuesto.

4.10.10 Cables de alimentación eléctrica

Para la alimentación eléctrica de los equipos se utilizan mangueras multipolares de 600V/1000V, con conductores de cobre flexible clase 5 (el cobre está constituido por hilos de cobre), aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta exterior de poliolefina termoplástica libre de halógenos [F24] . Se muestra en la figura 155 [F24] .

El cable cumple lo exigido por normativa, el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión para cables de locales de pública concurrencia y locales donde se pretenda elevar el grado de seguridad, en cuanto a normas constructivas (UNE 21123-4 y IEC 60502), no propagadores de la llama (UNE-EN 60332-1-2), no propagadores del incendio (UNE-EN 60332-3-24 ó 25), baja acidez y corrosividad de los gases (UNE-EN 50267) y de reducida opacidad de humos (UNE-EN 61034) [F24] .



Figura 155.Cable alimentación eléctrica.

Según se muestra en la tabla de circuitos eléctricos para los circuitos monofásicos se utilizará cable de 3 conductores (fase+ neutro+tierra) de $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$, mientras que para el único circuito trifásico existente se utilizará cable de 5 conductores (3 fases +neutro+tierra). Estas secciones permiten cumplir con las intensidades máximas admisibles y las caídas máximas de tensión permitidas por el REBT.

4.11 Listado resumen de equipamiento

A continuación se incluye una tabla resumen con el equipamiento audiovisual del auditorio.

ESCENARIO

Equipo	Ud	Marca - Modelo	Consumo Unitario (W)	Tipo consumo (monofásico /trifásico)	Consumo Total (W)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Fondo (cm)	Peso (Kg)
Altavoces de refuerzo	4	MARTIN AUDIO DD6	-	-	-	35,9	19	20,7	5,9
Micrófonos de conferencia +base+unidad central	1	6xDIS GM 5924 + 6xDC 5980P + CU 5905	9	II	9	7,1 +50	12,8	14,6	0,5
Micrófono de atril	1	SHURE MX418N+R184B	11 a 52 VDC PHANTOM, 2mA	-	-	45,7	-	-	-
Pantalla de proyección	1	SPACE JUMBO I+ motor	monofásico	II	0	492,5	780	30	130
Monitores en mesa y atril	4	ALBIRAL 150HV01MR	40	II	160	26,2	33,9	4,1	
Cámara	1	SONY EVI-H100S	12	II	12	16,4	14,5	16,4	1,55
Cajas de mesa / atril	4	EXTRON HSA 400	-	-	-	13,3	19,7	19,7	3,8
Transmisor y Selector 6x1 (audio y vídeo)	1	EXTRON SW6 MTP T 15HD A	12	II	12	4,3	10,9	7,6	0,5
Transmisor HDMI/Cat5	2	EXTRON HDMI 201TX	6	II	12	2,5	10,9	7,6	0,3
Receptor VGA	2	EXTRON MTP RL 15 HDA	12	II	24	4,3	10,9	7,6	0,5
Distribuidor VGA 1x4	1	EXTRON P/2 DA4xi	12	II	12	4,1	22,1	15,2	2
Panel Táctil 6"	1	CRESTRON TPSI-6 X	18	II	18	13	20,6	4	0,72

ESCENARIO-TECHO-LUCES Y SONIDO

Equipo	Ud	Marca - Modelo	Consumo Unitario (W)	Tipo consumo (monofásico /trifásico)	Consumo Total (W)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Fondo (cm)	Peso (Kg)
Proyector de iluminación frontal	6	DTS SCENA-1000-F	1000	II	6000		42,5	30	5,5
Proyector de iluminación lateral	6	DTS SCENA-1000-F	1000	II	6000	35,5	42,5	30	5,5
Polipasto truss	6	POLIPASTO	1050	II	10500	26	17	41	18
Line array de altavoces	2	MARTIN AUDIO OMNILINE 12 CABINET (3x4)	-	-	-	141	24,6	19,8	43,2
Subw oofer	2	MARTIN AUDIO AQ112	-	-	-	69	47	49,6	38,5

SALA CONTROL-RACK

Equipo		Ud	Marca - Modelo	Consumo Unitario (W)	Tipo consumo (monofásico /trifásico)	Consumo Total (W)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Fondo (cm)	Peso (Kg)
AUDIO	Etapa de potencia	2	MC2- T3500	1008	II	2016	8,8	48,2	46	22,7
	Etapa de potencia	1	MARTIN AUDIO MA-2.8Q	900	II	900	4,4	48,2	35,8	7,3
	Procesador con antifeedback	1	DBX 220i	12	II	12	4,4	48,2	14,6	2,5
	Procesador matriz y filtro crossover	1	MC2 Ti-1048	30	II	30	4,4	48,2	30	3,3
	Microfono de solapa inalámbrico+receptor	2	SHURE ULXP 14/85+ULXP4	9,9	II	19,8	4,4	21,4	17,2	1,11
	Microfonos de mano inalámbrico+receptor	2	SHURE ULXP 24/58+ULXP4	9,9	II	19,8	4,4	21,4	17,2	1,11
	Ampliación entradas / salidas mesa de mezclas	1	BEHRINGER ADA 8000	25	II	25	4,4	48,3	21,7	2,3
	Grabador audio enrackable	1	MARANTZ PMD580	5,3	II	5,3	5,2	48,3	29,8	3
	Amplificador-Distribuidor Audio	1	RANE 216S	7	II	7	4,4	48,3	13,3	1,9
	Maletín periodistas	1	RP-240	10	II	10	20	44,4	53	15
VIDEO	Matriz - 12x12 HDMI	1	EXTRON SMX 200	180	II	180	8,8	43,1	30,5	10
	Separador de audio HDMI	2	EXTRON HAE 100	12	II	24	4,2	11	7,6	0,3
	Procesador de gráficos	1	EXTRON MGP 464 DI	50	II	50	8,6	44,5	30,5	3,9
	DVD Blue Ray grabador y reproductor	1	PANASONIC DMR-PWT500	23	II	23	5,9	43	23,8	2,5
	Grabador Video HD 1080i + (Convertidor analógico/digital audio)	1	GEFEN GTV-HD-PVR+GTV-AAUD-2-DIGI	20	II	20	5,33	17,53	17,53	2,27
	Distribuidor DVI	1	EXTRON DVI DA 2	4,8	II	4,8	4,4	22,2	7,6	1,3
	Extensor de HDMI	2	EXTRON HDMI 101 plus	1,09	II	2,18	2,5	5,6	7,6	0,2
	SISTEMA VIDEOCONFERENCIA	1	TANDBERG /CISCO C40	175	II	175	4,4	44,2	27,8	4
ILUM	Dimmer	1	SRS DDPN1210B-8WM	27600	III+N+T	27600	13,2	49	48,1	28
PAR TRENZADO	Matriz par trenzado	1	EXTRON MTPX PLUS 128	73	II	73	4,3	44,2	30,5	4
	Transmisor de VGA cat 5	1	EXTRON MTP T15 HDA	12	II	12	4,3	10,9	7,6	0,2
	Receptor de VGA cat 5	4	EXTRON MTP RL 15 HDA	12	II	48	4,3	10,9	7,6	0,2
	Receptor HDMI /Cat 5	2	EXTRON HDMI 201RX	6	II	12	2,5	10,9	7,6	0,3
	Convertor de DVI a analogico (VGA)	1	EXTRON DVI-RGB 200	12	II	24	4,3	22,1	15,2	0,7
	Convertor de analogico(VGA) a HDMI	1	EXTRON RGB-HDMI 300	14	II	14	2,5	22,2	15	0,7
CONTROL	Procesador central de control	1	CRESTRON RACK 2	12	II	12	17,71	48,26	23,27	4,3
	Interfaz serie/ DMX512	1	CRESTRON CGDMX	5	II	5	5,7	11	20	0,48
	Emisor de infrarrojos para control reproductor y grabador video	1	CRESTRON IRP2	-	-	-	0,64	0,79	1,43	-
	Antena RF para pantalla de control táctil	1	Crestron CEN-HPRFGW	6	II	6	3,3	10,9	14,3	0,41
	FA de 24 voltios y 300 W de procesador central de control	1	CRESTRON C2NSPWS300	960	II	960	13,18	33,66	8,36	2,4
	Control de ON/OFF de equipos	1	CRESTRON DIN-8SW8	5,4	II	5,4	9,42	15,9	5,95	0,36
	Control motor pantalla	1	CRESTRON DIN-2MC2	3	II	3	9,42	10,6	5,95	0,21
	Hub Cresnet	1	CRESTRON CNXHUB	2	II	2	4,57	17,96	16,06	0,86

Diseño de la Instalación

SALA CONTROL-MESA

Equipo	Ud	Marca - Modelo	Consumo Unitario (W)	Tipo consumo (monofásico /trifásico)	Consumo Total (W)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Fondo (cm)	Peso (Kg)
Mesa de mezclas audio	1	YAMAHA 01V96i + MY8ADDA	90	II	90	14,8	43,6	54,8	14
Monitores Sala de Control	2	YAMAHA MS101III	30	II	60	21,4	14,7	19,2	2,5
Mesa de control de las cámaras	1	SONY RM-BR300	2,4	II	2,4	18,5	39,13	14,59	0,95
Monitor 19" para control de cámaras	1	SAMSUNG LE19D450	22	II	22	35,61	47,65	16,07	4,2
Pantalla de control táctil de 8"	1	CRESTRON TPMC 8X-GA	42	II	42	20,9	24,7	2,9	0,9
Mezclador de vídeo- cámaras	1	PANASONIC AWW-HS50E	24	II	24	6,7	21	17,7	1,4
Mesa Control Iluminación	1	BOTEX DC1224	6	II	6	12	48	30,7	3,2
PC multimedia	1	HP LH125EA/23	300	II	300	36,8	16,5	38,9	6,9

PROYECTORES

Equipo	Ud	Marca - Modelo	Consumo Unitario (W)	Tipo consumo (monofásico /trifásico)	Consumo Total (W)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Fondo (cm)	Peso (Kg)
Videopro Proyector	2	NEC PX750U	1006	II	2012	19,2	50,4	51,6	19,7

CÁMARAS

Equipo	Ud	Marca - Modelo	Consumo Unitario (W)	Tipo consumo (monofásico /trifásico)	Consumo Total (W)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Fondo (cm)	Peso (Kg)
Cámara	2	SONY EVI-H100S	12	II	24	16,4	14,5	16,4	1,55

Tabla 8. Tabla resumen equipamiento audiovisual.

Capítulo 5

Despliegue de la Infraestructura .Planos

La distribución de equipos propuesta para el salón de actos figura en los siguientes planos. La disposición de los equipos en el auditorio se ha diseñado para su correcto funcionamiento, integración estética y pensando también en facilitar las labores de mantenimiento de los equipos. En cuanto a la distribución de equipos en la sala de control se ha diseñado para una cómoda operación de todos los controles.


En los planos mostrados a continuación, el tendido del cableado de control y de alimentación se distribuye por canalizaciones independientes del siguiente modo:

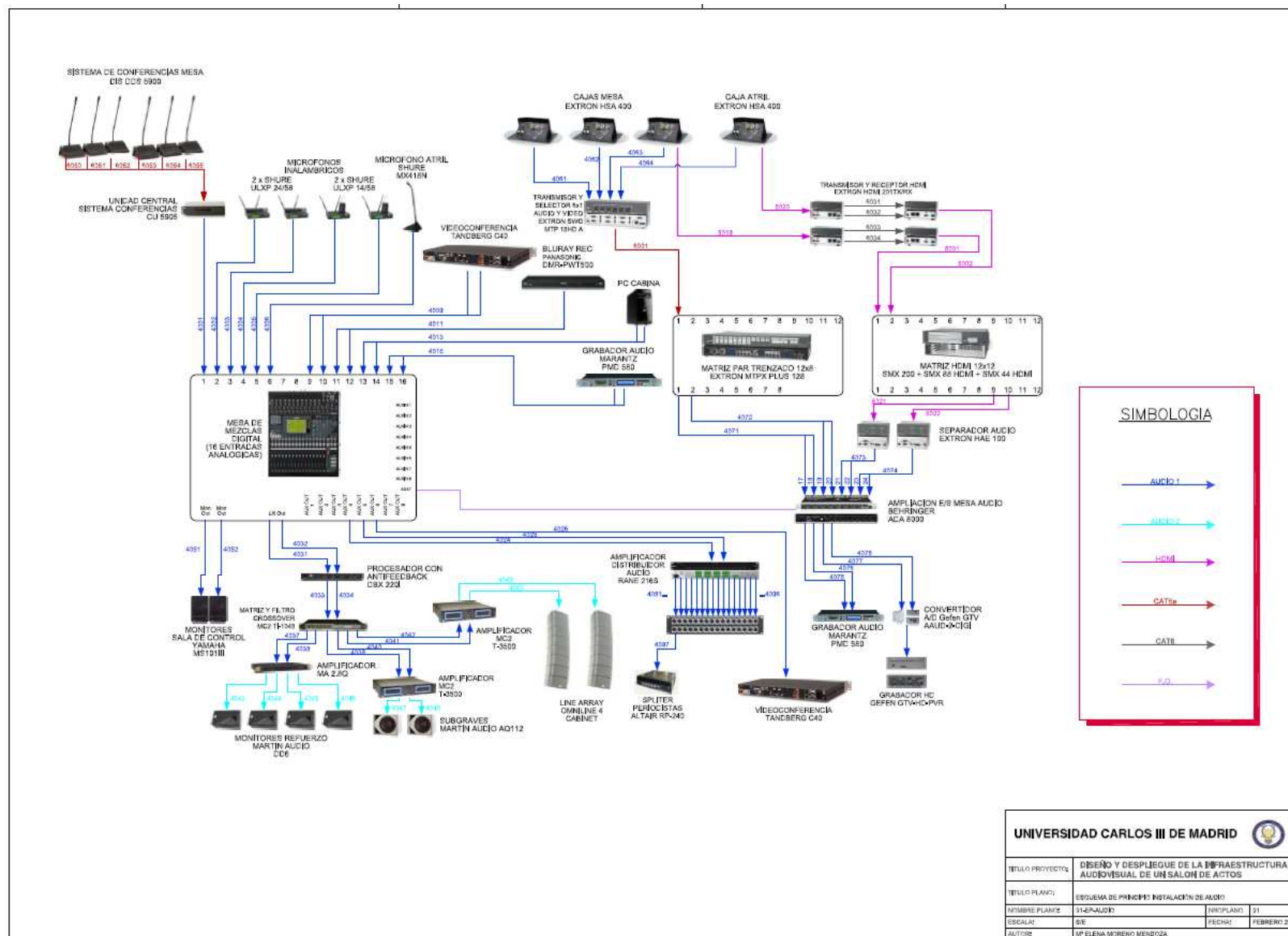
- En la sala de control, el cableado de conexión a los equipos discurre por un canal adosado a la pared para conectar los equipos de la mesa, por el falso suelo para dirigirse a la planta inferior y por el falso techo para acceder a la sala del auditorio.
- Incorporados dentro del falso techo discurren las líneas de alimentación y señal para los proyectores de vídeo, cámaras, proyectores de iluminación, altavoces principales de sonorización, motor de la pantalla de proyección, etc.
- Para la planta inferior del auditorio discurren las líneas de alimentación y señal hacia el rack situado bajo el estrado, que interconecta las pantallas, micrófonos, cajas de mesa, altavoces de refuerzo, etc.

Despliegue de la Infraestructura .Planos

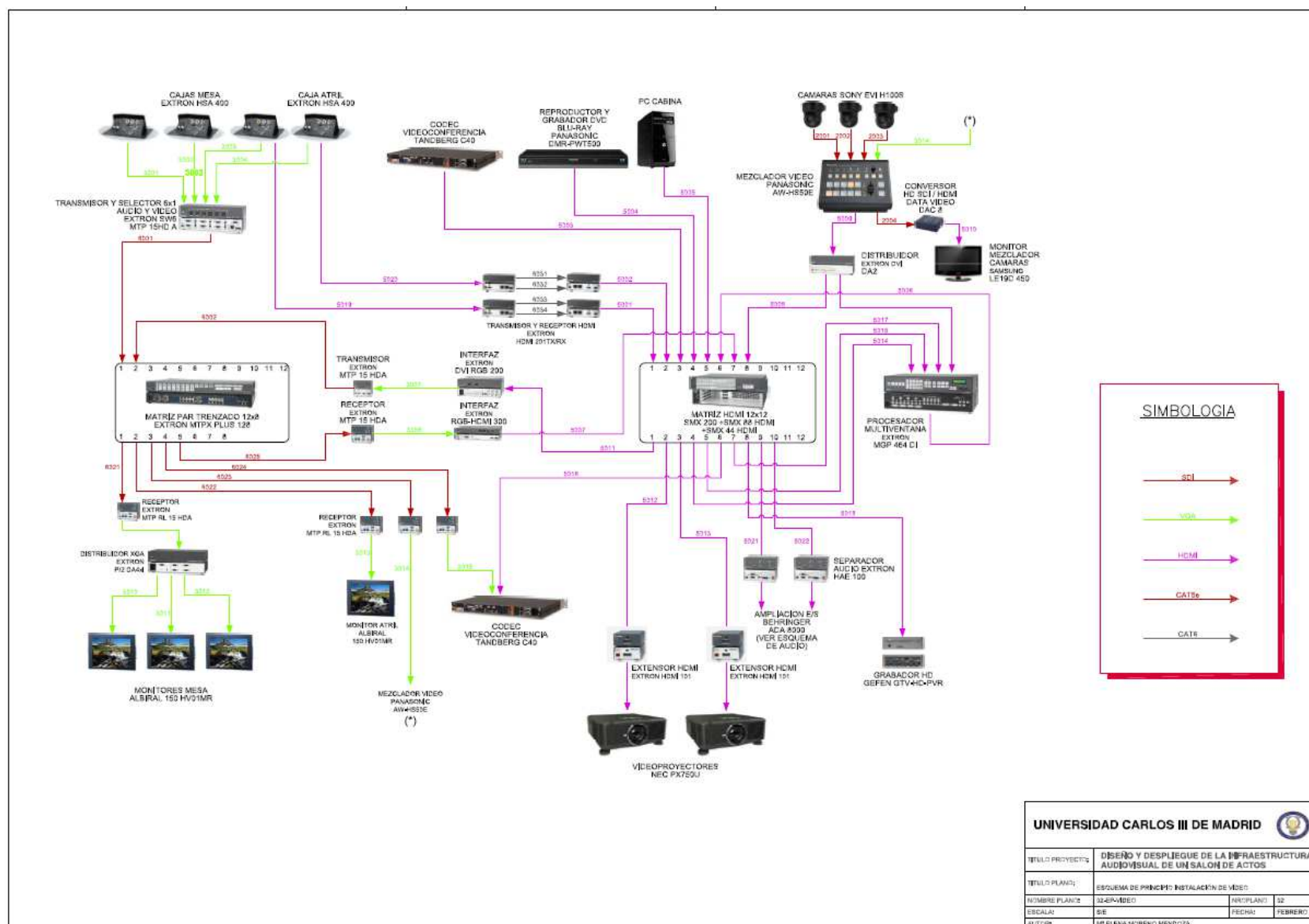
El cableado audiovisual reflejado en los planos de planta se limita a las interconexiones de mayor longitud entre sala de control y equipos en falso techo y en escenario, sin representarse las conexiones de equipos en el interior de la sala de control ya que estas conexiones ya se reflejan en los esquemas de principio.

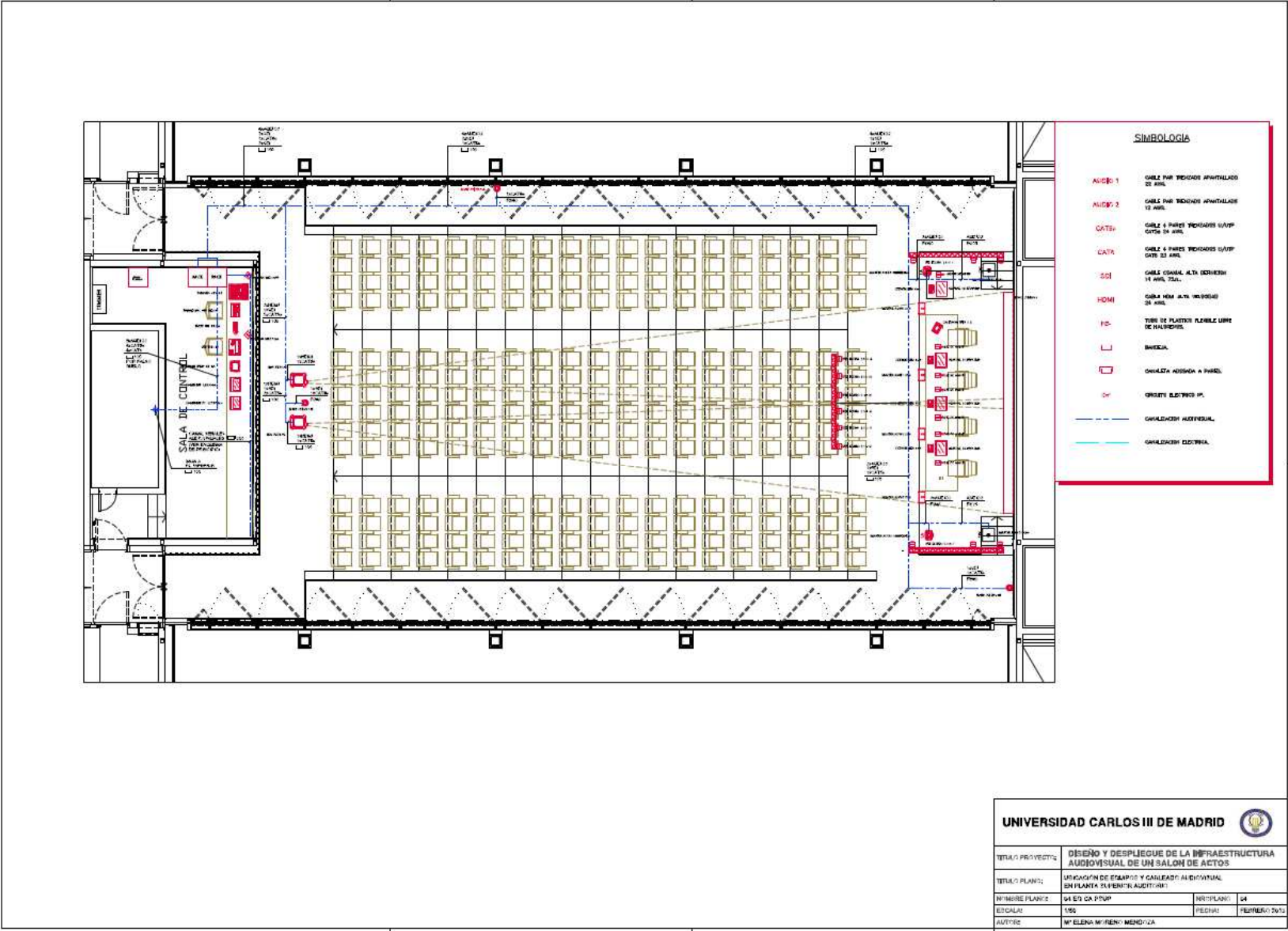
El listado de planos que refleja la instalación diseñada es el siguiente:

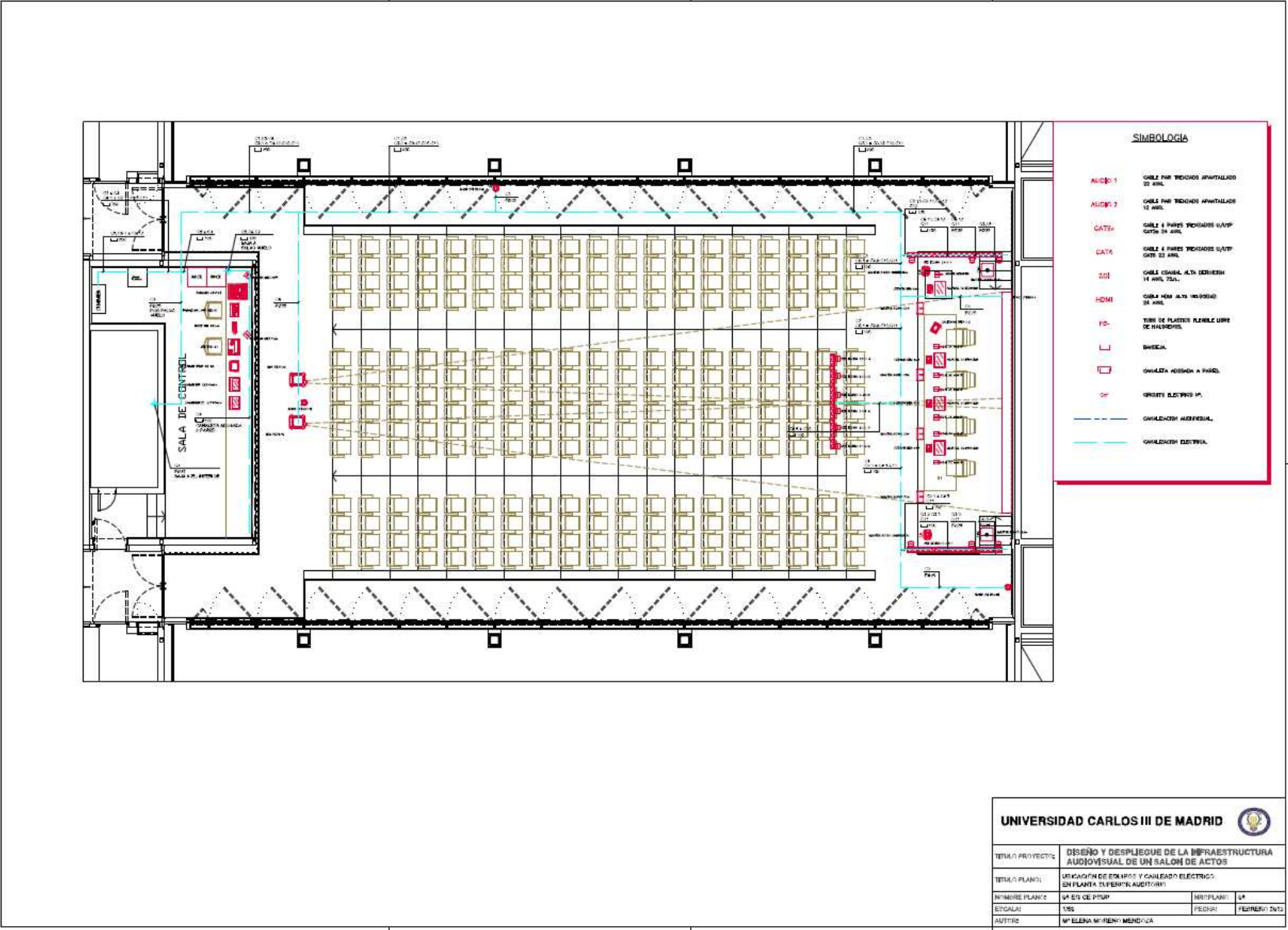
UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID				
				
PROYECTO:		DISEÑO Y DESPLIEGUE DE LA INFRAESTRUCTURA AUDIOVISUAL DE UN SALÓN DE ACTOS		
AUTOR:		M ^º ELENA MORENO MENDOZA	FECHA:	FEBRERO 2013
LISTADO DE PLANOS				
Nº PLANO	NOMBRE PLANO	CONTENIDO	FORMATO	ESCALA
1	01-EP-AUDIO	ESQUEMA DE PRINCIPIO INSTALACIÓN DE AUDIO	A1	1/0,6 (impresión)
2	02-EP-VIDEO	ESQUEMA DE PRINCIPIO INSTALACIÓN DE VÍDEO	A1	1/0,6 (impresión)
3	03-EP-CONTROL	ESQUEMA DE PRINCIPIO INSTALACIÓN DE CONTROL	A1	1/0,6 (impresión)
4	04-EQ-CA-PSUP	UBICACIÓN DE EQUIPOS Y CABLEADO AUDIOVISUAL EN PLANTA SUPERIOR AUDITORIO	A1	1/50
5	05-EQ-CA-PINF	UBICACIÓN DE EQUIPOS Y CABLEADO AUDIOVISUAL EN PLANTA INFERIOR AUDITORIO	A1	1/50
6	06-EQ-CE-PSUP	UBICACIÓN DE EQUIPOS Y CABLEADO ELÉCTRICO EN PLANTA SUPERIOR AUDITORIO	A1	1/50
7	07-EQ-CE-PINF	UBICACIÓN DE EQUIPOS Y CABLEADO ELÉCTRICO EN PLANTA INFERIOR AUDITORIO	A1	1/50
8	08-EQ-BC-SEC	UBICACIÓN DE EQUIPOS Y BANDEJAS CABLEADO EN SECCIÓN AUDITORIO	A1	1/50
9	09-DET-CE	DETALLES RACKS Y CUADRO ELÉCTRICO	A1	1/1

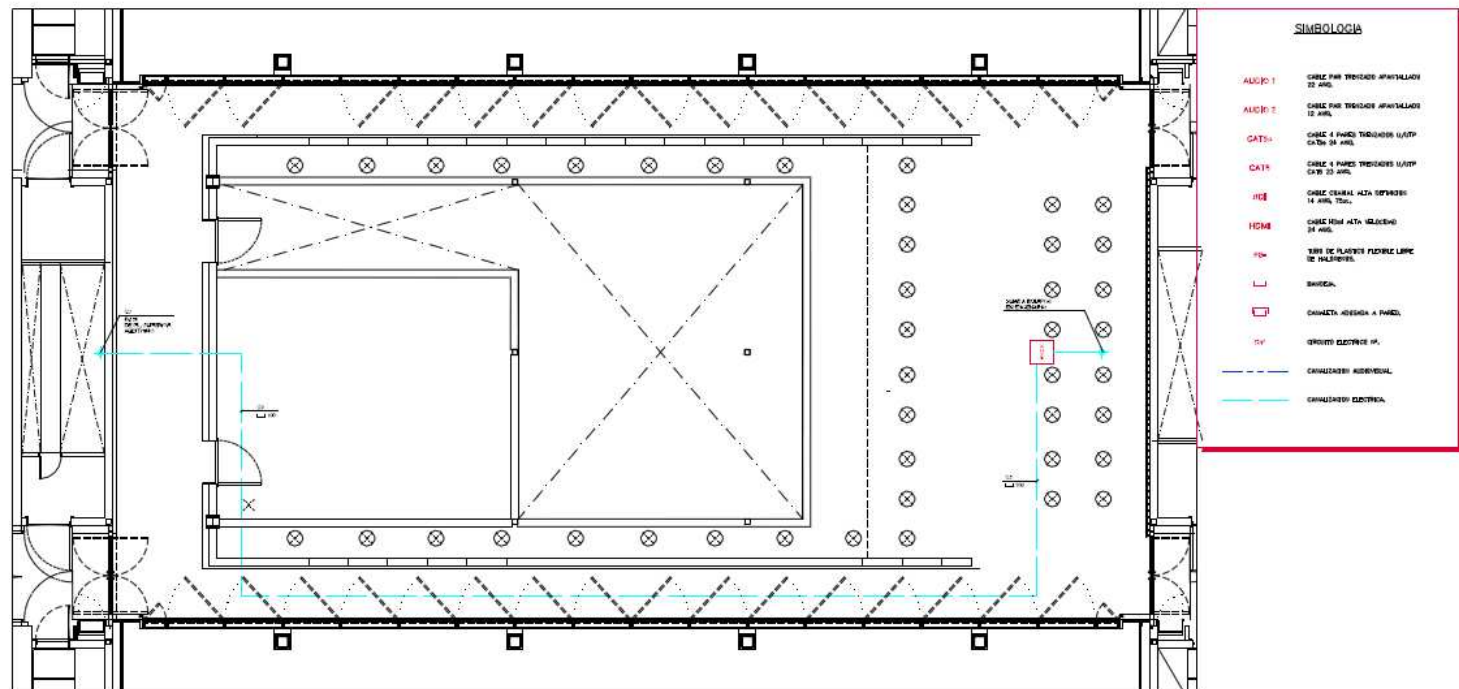


Despliegue de la Infraestructura .Planos

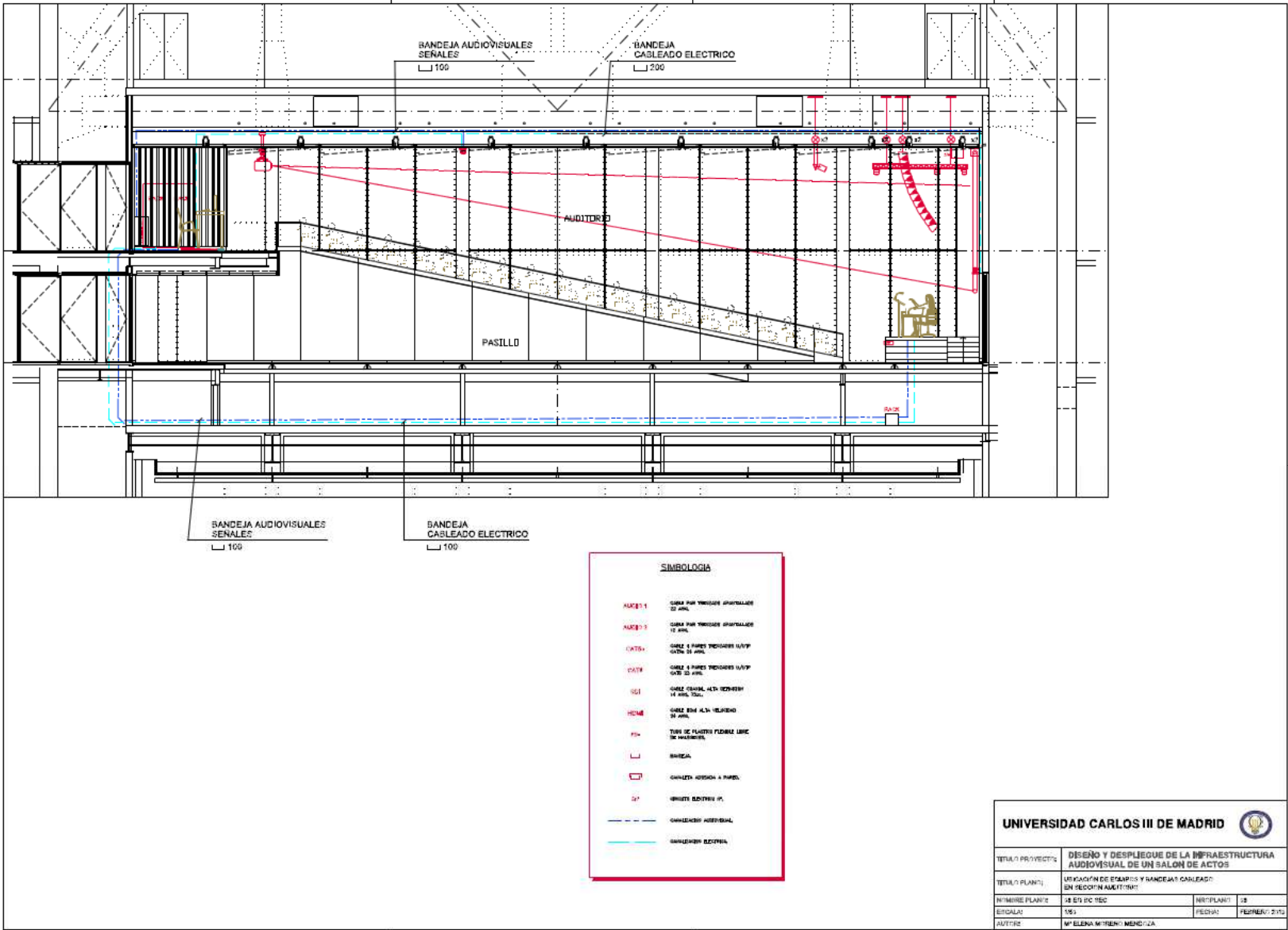


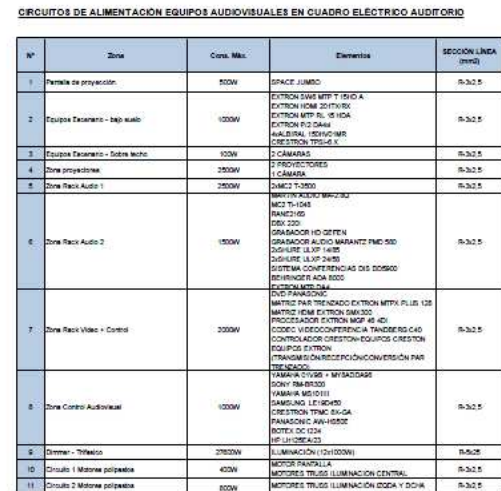







UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID 			
TÍTULO PROYECTO:	DISEÑO Y DESPLIEGUE DE LA INFRAESTRUCTURA AUDIOVISUAL DE UN SALÓN DE ACTOS		
TÍTULO PLANO:	UBICACIÓN DE EQUIPOS Y CABLEADO ELECTRICO EN PLANTA INFERIOR AUDITORIO		
NOMBRE PLANO:	1º PROYECTO	NOMBRE PLANO:	2º
BOCATORIO:	1º	BOCATORIO:	2º
AUTORE:	MIGUELÁNGEL MENDOZA		





UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID			
TÍTULO PROYECTO:		DISEÑO Y DESPLIEGUE DE LA INFRAESTRUCTURA AUDIOVISUAL DE UN SALÓN DE ACTOS	
TÍTULO PLANO:		DETALLES RAKOS Y CUADRO ELÉCTRICOS	
NÚMERO PLANO:	18 DE 26	HOJA PLANO:	18
FECHA1:	05	FECHA2:	FECHA3: 2015
AUTORES:	MILENA MIRENNE MENDOZA		

Capítulo 6

Validación y pruebas de la instalación

En cuanto a la validación del sistema audiovisual diseñado, para la parte de sonorización la simulación con el software es garantía de que está bien diseñado, no obstante es imprescindible realizar pruebas reales para comprobar los cálculos teóricos y realizar los ajustes correspondientes. Para el resto de elementos de la instalación, los equipos se han seleccionado en base a una serie de funciones que el fabricante garantiza y el cableado y formatos de interconexión se han escogido teniendo en cuenta el tipo de conexiones disponibles en los equipos y la compatibilidad de formatos de transmisión de la información.

Esta información está incluida en el presente proyecto, selección y características funcionales y de conexionado de los equipos en el apartado de diseño, selección y tipología de cableado escogido en el subapartado de cableado, tipo de conexiones de señal entre equipos en los esquemas de principio de los planos y las alimentaciones eléctricas en los planos de planta.

A pesar de lo anterior la instalación requiere una serie de pruebas de puesta en marcha que permitan ir comprobando que el sistema cumple la funcionalidad requerida. En un primer paso se deben probar los equipos individuales, comprobando el montaje de cada elemento, verificando las conexiones de cableado de señal, control y alimentación y realizando las configuraciones básicas necesarias para puesta en marcha de los equipos aislados.

Posteriormente se debe pasar a probar subsistemas en los que se comprobará el funcionamiento de varios equipos en conjunto, incluyendo las conexiones de señales de audio

y vídeo, ajustes de niveles de señal, creación de presets. Este es el caso del sistema de control y mezcla de cámaras, el sistema de videoconferencia, el sistema de sonorización, el sistema de videoproyección, el sistema de iluminación con los proyectores, dimmers y su mesa de control, etc.

El sistema cuyo ajuste es más laborioso y por ende el que requiere un mayor número de pruebas es el del sistema de sonorización. Además de la simulación acústica realizada, previamente al montaje del line array se debe realizar un ajuste de su orientación y ángulo de inclinación en la simulación electroacústica previa, pero en esta ocasión con el software específico de fabricante para conseguir un ajuste más fino. Tras haber verificado el montaje y conexionado de todos los equipos que constituyen el sistema de sonorización, hay que realizar los ajustes básicos del filtro crossover, etapas de amplificación, y posteriormente probar el sistema con el line array, realizando mediciones de los mismos parámetros calculados en la simulación, en diversos puntos significativos del salón de actos y comparándolos con los reales. En base a ellos se realizarán los reajustes necesarios. Después se añadirán los subwoofer y los altavoces de refuerzo realizando nuevas mediciones y reajustes del sistema completo.

El sistema de control requiere también de un amplio trabajo de configuración, a parte del montaje, conexionado de los equipos y la configuración básica de tarjetas de entrada/salida del procesador central de control, el sistema debe ser programado con un software específico de fabricante, desarrollando un programa exclusivo aplicado a la instalación concreta, en el que se debe incluir los parámetros a programar de cada equipo, agrupados por subsistemas y crear también la interfaz gráfica que se verá en las pantallas de control táctil.

Por último se realizarán unas pruebas generales de toda la instalación que simularán situaciones reales de funcionamiento del auditorio, como la celebración de una conferencia o presentación incluyendo una videoconferencia, la recreación de una rueda de prensa o retransmisión de un concierto grabado, etc.

Para poder organizar y controlar la realización de las pruebas anteriores y con ello la validación del diseño de la instalación se han creado una serie de fichas de pruebas en las que se incluye un listado de las comprobaciones y ajustes a realizar en cada equipo, subsistema y también las pruebas generales del sistema audiovisual completo. En cada equipo se incluirá un apartado específico de COMENTARIOS donde detallar los ajustes iniciales del equipo o presets implementados en las pruebas de puesta en marcha, así como para destacar cualquier cuestión que se considere importante.

6.1 Pruebas de equipos individuales

EQUIPO	MODELO	Nº EQUIPOS	MONTAJE	CONEXIÓN ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	CONEXIÓN SEÑAL AUDIO Y/O VÍDEO		CONEXIÓN SEÑAL CONTROL	COMENTARIOS
					ENTRADAS	SALIDAS		
Altavoces de refuerzo	MARTIN AUDIO DD6	4					-	
Microfonos de conferencia +base+unidad central	6xDIS GM 5924 + 6xDC 5980P + CU 5905	1					-	
Microfono de atril	SHURE MX418N+R184B	1					-	
Pantalla de proyección	SPACE JUMBO I+ motor	1					-	
Monitores en mesa y atril	ALBIRAL 150HV01MR	4					-	
Cámara	SONY EVI-H100S	1						
Cajas de mesa / atril	EXTRON HSA 400	4					-	
Transmisor y Selector 6x1 (audio y video)	EXTRON SW6 MTP T 15HD A	1					-	
Transmisor HDMI/Cat5	EXTRON HDMI 201TX	2						
Receptor VGA	EXTRON MTP RL 15 HDA	2					-	
Distribuidor VGA 1x4	EXTRON P2 DA4xi	1					-	
Panel Táctil 6"	CRESTRON TPSI-6 X	1						
Proyector de iluminación frontal	DTS SCENA-1000-F	6						
Proyector de iluminación lateral	DTS SCENA-1000-F	6						
Polipasto truss	POLIPASTO	6						
Line array de altavoces	MARTIN AUDIO OMNILINE 12 CABINET (3x4)	2					-	Montaje de line array con orientación y ángulo de inclinación según simulación a realizar con software de
Subwoofer	MARTIN AUDIO AQ112	2					-	
Etapa de potencia	MC2-T3500	2					-	
Etapa de potencia	MARTIN AUDIO MA-2.8Q	1					-	
Procesador con antifeedback	DBX 220i	1					-	
Procesador matriz y filtro crossover	MC2 Ti-1048	1					-	
Microfono de solapa inalámbrico+receptor	SHURE ULXP 14/85+ULXP4	2					-	
Microfonos de mano inalámbrico+receptor	SHURE ULXP 24/58+ULXP4	2					-	
Ampliación entradas / salidas mesa de mezclas	BEHRINGER ADA 8000	1					-	
Grabador audio enrackable	MARANTZ PMS80	1						
Amplificador-Distribuidor Audio	RANE 216S	1					-	
Maletín periodistas	ALTAIR RP-240	1					-	
Matriz - 12x12 HDMI	EXTRON SMX 200	1						
Separador de audio HDMI	EXTRON HAE 100	2						
Procesador de gráficos	EXTRON MGP 464 DI	1						
DVD Blue Ray grabador y reproductor	PANASONIC DMR-PWT500	1						
Grabador Video HD 1080i + (Convertidor analógico/digital audio)	GEFEN GTV-HD-PVR+GTV-AAUD-2-DIGI	1						
Distribuidor DVI	EXTRON DVI DA2	1					-	
Extensor de HDMI	EXTRON HDMI 101 plus	2					-	
SISTEMA VIDEOCONFERENCIA	TANDBERG / CISCO C40	1						
Dimmer	SRS DDPN1210B-8WM	1						
Matriz par trenzado	EXTRON MTPX PLUS 128	1						
Transmisor de VGA cat 5	EXTRON MTP T15 HDA	1					-	
Receptor de VGA cat 5	EXTRON MTP RL 15 HDA	4					-	
Receptor HDMI /Cat 5	EXTRON HDMI 201RX	2					-	
Convertor de DVI a analogico (VGA)	EXTRON DVI-RGB 200	1					-	
Convertor de analogico(VGA) a HDMI	EXTRON RGB-HDMI 300	1					-	
Procesador central de control	CRESTRON RACK 2	1						
Interfaz serie/ DMX512	CRESTRON CGDMX	1						
Emisor de infrarrojos para control reproductor y grabador video	CRESTRON IRP2	1						
Antena RF para pantalla de control táctil	Crestron CEN-HPRFGW	1						
FA de 24 voltios y 300 W de procesador central de control	CRESTRON C2NSPWS300	1					-	
Control de ON/OFF de equipos	CRESTRON DIN-8SW8	1						
Control motor pantalla	CRESTRON DIN-2MC2	1						
Hub Cresnet	CRESTRON CNXHUB	1					-	
Mesa de mezclas audio	YAMAHA 01V96i + MY8ADDA	1						
Monitores Sala de Control	YAMAHA MS101III	2						
Mesa de control de las cámaras	SONY RM-BR300	1						
Monitor 19" para control de cámaras	SAMSUNG LE19D450	1						
Pantalla de control táctil de 8"	CRESTRON TPMC 8X-GA	1						
Mezclador de video- cámaras	PANASONIC AW-HS50E	1						
Mesa Control Iluminación	BOTEX DC1224	1						
PC multimedia	HP LH125EA/23	1						programación/configuración de equipos.
Videoproector	NEC PX750U	2						

6.2 Pruebas de subsistemas

MESA DE MEZCLAS DE AUDIO Y MICROFONÍA

1. MESA DE MEZCLAS DE AUDIO				
Mesa de mezclas audio	YAMAHA 01V96i + MY8ADDA	1		
SEÑALES DE ENTRADA			REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES. (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Señal de audio analógico de sistema de microfonía de conferencias, con 6 micrófonos.	Micrófonos de conferencia +base+unidad central	6xDIS GM 5924 + 6xDC 5980P + CU 5905		
2 señales de audio analógico micrófonos inalámbricos de mano.	Micrófono de solapa inalámbrico+receptor	SHURE ULXP 14/85+ULXP4		
2 señales de audio analógico micrófonos inalámbricos de solapa.	Micrófonos de mano inalámbrico+receptor	SHURE ULXP 24/58+ULXP4		
Señal de audio analógico micrófono fijo del atril	Micrófono de atril	SHURE MX418N+R184B		
Señal de audio analógico estéreo de códec de videoconferencia.	SISTEMA VIDEOCONFERENCIA	TANDBERG /CISCO C40		
Señal de audioanalógico estéreo de reproductor de video.	DVD Blue Ray grabador y reproductor	PANASONIC DMR-PWT500		
PC de cabina.	PC multimedia	HP LH125EA/23		
Grabador de audio.	Grabador audio enrackable	MARANTZ PWD580		
2 señales de audio analógico estéreo de la matriz de par trenzado (recoge las señales de fuentes de audio de las cajas ubicadas en la mesa (3) y atril del estrado)	Matriz par trenzado	EXTRON MTPX PLUS 128		
2 señales de audio analógico estéreo de la matriz HDMI (recoge las señales de las 2 fuentes de video HDMI de las cajas de atril y una de las cajas de la mesa del estrado).	Matriz - 12x12 HDMI	EXTRON SMX 200		
SEÑALES DE SALIDA			REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Señal de audio analógico estéreo a altavoces de sala de control.	Monitores Sala de Control	YAMAHA MS101III		
Señal de audio analógico estéreo a sistema de sonorización.	Procesador con antifeedback	DBX 220i		
Señal de audio analógico estéreo a amplificador y distribuidor de salidas de audio para periodistas.	Amplificador-Distribuidor Audio+Splitter periodistas	RANE 216S+ALTAIR RP-240		
Señal de audio a códec de videoconferencia.	SISTEMA VIDEOCONFERENCIA	TANDBERG /CISCO C40		
Señal de audio analógico estéreo a grabador de audio.	Grabador audio enrackable	MARANTZ PWD580		
Señal de audio analógico estéreo a grabador de video.	Grabador Video HD 1080i	GEFEN GTV-HD-PVR		
2. PRUEBAS FUNCIONALES				COMENTARIOS
Prueba de envío a monitores de sala de control de cada uno de las 6 señales del sistema de conferencias de la mesa.				
En la mesa de mezclas de audio envío de cada señal de entrada a las 6 salidas posibles				
Ajuste de presets con distintas configuraciones de niveles de las entradas.				

MATRIZ HDMI Y PROCESADOR MULTIVENTANA

1. MATRIZ HDMI				
Matriz - 12x12 HDMI	EXTRON SMX 200	1		
SEÑALES DE ENTRADA			REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES. (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
2 señales HDMI de la mesa y atril del escenario.	Receptor HDMI /Cat 5	EXTRON HDMI 201RX		
Señal HDMI del códec de videoconferencia.	SISTEMA VIDEOCONFERENCIA	TANDBERG /CISCO C40		
Señal HDMI del reproductor DVD y Blue-Ray.	DVD Blue Ray grabador y reproductor	PANASONIC DMR-PWT500		
Señal HDMI del PC de cabina.	PC multimedia	HP LH125EA/23		
Señal HDMI desde el procesador de imágenes.	Procesador de gráficos	EXTRON MGP 464 DI		
Señal HDMI de salida de la matriz de par trenzado (podría ser cualquiera de las señales VGA de las cajas de conexión de las mesas y atril).	Matriz par trenzado	EXTRON MTPX PLUS 128		
Señal HDMI del mezclador de video.	Distribuidor DVI	EXTRON DVI DA2		
SEÑALES DE SALIDA			REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Envío HDMI a la entrada de la matriz de par trenzado.	Matriz par trenzado	EXTRON MTPX PLUS 128		
2 señales HDMI de salida a los dos videoproyectores.	Videoprojector	NEC PX750U		
3 señales HDMI a procesador de imágenes.	Procesador de gráficos	EXTRON MGP 464 DI		
Señal HDMI al códec de videoconferencia.	SISTEMA VIDEOCONFERENCIA	TANDBERG /CISCO C40		
Señal HDMI al grabador de video HD.	Grabador Video HD 1080i	GEFEN GTV-HD-PVR		
2 señales HDMI a 2 separadores de audio para introducir la señal en la mesa de mezclas de audio.	Separador de audio HDMI	EXTRON HAE 100		
2. PROCESADOR MULTIVENTANA				COMENTARIOS
Procesador de gráficos	Matriz - 12x12 HDMI	1		Programación de presets de mezcla de 2, 3 y 4 señales.
SEÑALES DE ENTRADA			REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES. (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
3 señales HDMI de matriz HDMI	Matriz - 12x12 HDMI	EXTRON SMX 200		
Señal de mezclador de cámaras	Distribuidor DVI	EXTRON DVI DA2		
SEÑALES DE SALIDA			REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Señal HDMI a matriz HDMI	Matriz - 12x12 HDMI	EXTRON SMX 200		
3. PRUEBAS FUNCIONALES				COMENTARIOS
En la matriz HDMI envío de cada señal de entrada a las 10 salidas posibles				
En el procesador multiventana, prueba de mezcla de 2,3 y 4 señales y visualización en pantalla videoprojector				

Validación y pruebas de la instalación

SISTEMA DE PAR TRENZADO

1. EQUIPOS				
FUNCIÓN	MODELO	Nº EQUIPOS	REVISIÓN CONEXIONES Y CONFIGURACION (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Transmisor y Selector 6x1 (audio y vídeo)	EXTRON SW6 MTP T 15HD A	1		Prueba de selección de las 6 señales de entrada.
Transmisor HDMI/Cat5	EXTRON HDMI 201TX	2		
Receptor VGA	EXTRON MTP RL 15 HDA	5		
Distribuidor VGA 1x4	EXTRON P/2 DA4xi	1		Prueba de envío por las 4 salidas
Distribuidor DVI	EXTRON DVI DA2	1		
Extensor de HDMI	EXTRON HDMI 101 plus	2		
Transmisor de VGA cat 5	EXTRON MTP T15 HDA	1		
Receptor HDMI/Cat 5	EXTRON HDMI 201RX	2		
Convertor de DVI a analógico (VGA)	EXTRON DVI-RGB 200	1		
Convertor de analógico(VGA) a HDMI	EXTRON RGB-HDMI 300	1		
2. MATRIZ				
Matriz par trenzado	EXTRON MTPX PLUS 128	1		
SEÑALES DE ENTRADA			REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES. (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
4 señales de vídeo de las cajas de mesa y atril	Transmisor y Selector 6x1 (audio y vídeo)	EXTRON SW6 MTP T 15HD A		
Señal de vídeo de matriz HDMI	Convertor de DVI a analógico (VGA)+ Transmisor de VGA cat 5	EXTRON DVI-RGB 200 + EXTRON MTP T15 HDA		
SEÑALES DE SALIDA			REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Señal de vídeo a los monitores de la mesa.	Receptor de VGA cat 5 + Distribuidor VGA 1x4	Receptor de VGA cat 5 +EXTRON P/2 DA4xi		
Señal de vídeo al monitor del atril	Receptor de VGA cat 5	Receptor de VGA cat 5		
Señal de vídeo al mezclador de vídeo.	Receptor de VGA cat 5	Receptor de VGA cat 5		
Señal de vídeo al códec de videoconferencia	Receptor de VGA cat 5	Receptor de VGA cat 5		
3. PRUEBAS FUNCIONALES				COMENTARIOS
Prueba de envío desde el transmisor y selector: Envío a la matriz de de par trenzado de cada una de las 4 señales de entrada del selector 6x1.				
Envío de cada señal de entrada a las 4 salidas posibles				

SISTEMA DE ILUMINACIÓN

1. EQUIPOS				
FUNCIÓN	MODELO	Nº EQUIPOS	REVISIÓN CONEXIONES Y CONFIGURACION (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Proyector de iluminación frontal	DTS SCENA-1000-F	6		
Proyector de iluminación lateral	DTS SCENA-1000-F	6		
Polipasto truss	POLIPASTO	6		
Dimmer	SRS DDFN1210B-8WM	1		
Mesa Control Iluminación	BOTEX DC1224	1		
2. MESA DE CONTROL				
Mesa Control Iluminación	BOTEX DC1224	1		Configuración de escenas con situaciones tipo: presentación en atril, debate en mesa, entrega de premios, todo al 100%, todo al 75%, todo al 50%.etc.
SEÑALES DE SALIDA			REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Señal de control DMX a dimmer a través de interfaz serie	Interfaz serie/ DMX512	CRESTRON CGDMX		
3. PRUEBAS FUNCIONALES				COMENTARIOS
Prueba de control de niveles des de la mesa de iluminación.				

SONORIZACIÓN

1. ESTUDIOS PREVIOS				COMENTARIOS
Simulación electroacústica mediante software EASE de la sonorización con line array.				
1. EQUIPOS				
FUNCIÓN	MODELO	Nº EQUIPOS	REVISION CONEXIONES Y CONFIGURACION (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Procesador con antifeedback	DBX 220i	1		Programación básica mediante software específico para configurar niveles de señal de entrada-salida y supresión de feedback en tiempo real.
Procesador matriz y filtro crossover	MC2 Ti-1048	1		Programación básica mediante software específico para configurar niveles de señal de entrada-salida, ecualizadores de entradas y salidas, frecuencias de corte según rango de funcionamiento de cada tipo de altavoz y niveles de filtros crossover para cada una de las 3 salidas.
Etapas de potencia	MARTIN AUDIO MA-2.8Q	1		Ajuste básico de parámetros: modo estéreo, atenuadores de entrada, limitador de distorsión, ajuste de ganancia en 32dB (mínimo de los 2 valores posibles 32dB y 38dB),etc
Altavoces de refuerzo	MARTIN AUDIO DD6	4		
Etapas de potencia	MC2-T3500	1		Ajuste básico de parámetros: modo estéreo, sensibilidad de entrada, ajuste de ganancia en 32dB (mínimo de los 2 valores posibles 32dB y 36dB),etc
Line array de altavoces	MARTIN AUDIO OMNILINE 12 CABINET (3x4)	2		Montaje de line array con orientación y ángulo de inclinación recomendado según simulación a realizar con software de fabricante.
Etapas de potencia	MC2-T3500	2		Ajuste básico de parámetros: modo estéreo, sensibilidad de entrada, ajuste de ganancia en 32dB (mínimo de los 2 valores posibles 32dB y 36dB),etc
Subwoofer	MARTIN AUDIO AQ112	2		
2. AJUSTE SONORIZACIÓN con técnico de sonido				
Estudio acústico de la sala para obtener parámetros básicos de la sala necesarios para el ajuste del sistema de sonorización: tiempo de reverberación, respuesta impulsional y nivel de ruido de fondo				
Prueba de sonorización con line array. Medición de niveles de presión sonora, respuesta en frecuencia y parámetros de calidad acústica (tiempo de reverberación, tiempo de caída inicial (EDT), ALCons, STI, RASTI, claridad e intimidad (ITDG)) en varios puntos de medida, contrastando los resultados con la simulación.				-Las pruebas pueden determinar el reajuste de otros equipos como el procesador y filtro crossover en cuanto a ecualización y frecuencias de corte, así como en las etapas de potencia en cuanto al ajuste de niveles. -Determinación de PAG real y comparación con el calculado de forma teórica PAG=21,3dB
Prueba conjunta de sonorización con line array, subwoofer y altavoces de refuerzo. Medición de niveles de presión sonora, respuesta en frecuencia y parámetros de calidad acústica (tiempo de reverberación, tiempo de caída inicial (EDT), ALCons, STI, RASTI, claridad e intimidad (ITDG)) en varios puntos de medida, contrastando los resultados con la simulación.				Nuevo reajuste de equipos si es necesario.
Repetición de la prueba anterior con 1 micrófono abierto en los puntos anteriores de medida comprobando que PAG(=21,3)>NAG.				- Nuevo reajuste de equipos si es necesario. - Determinación de puntos que presentan peor calidad acústica
Repetición de la prueba anterior con 2 micrófono abierto en los puntos anteriores de medida comprobando que PAG(=21,3)>NAG.				
Repetición de la prueba anterior con 3 micrófono abierto en los puntos anteriores de medida comprobando que PAG(=21,3)>NAG.				
Repetición de la prueba anterior con 4 micrófono abierto en los puntos anteriores de medida comprobando que PAG(=21,3)>NAG.				

SISTEMA DE CÁMARAS

1. EQUIPOS				
FUNCIÓN	MODELO	N° EQUIPOS	REVISION CONEXIONES Y CONFIGURACION (RESULTADO:)	COMENTARIOS
Cámara	SONY EVI-H100S	3		Ajuste de balance de blancos
Mesa de control de las cámaras	SONY RM-BR300	1		
Mezclador de video- cámaras	PANASONIC AW-HS50E	1		Preconfiguración de presets de mezclas y transiciones
Monitor 19" para control de cámaras	SAMSUNG LE19D450	1		
Distribuidor DVI	EXTRON DVI DA2	1		
2. MEZCLADOR				
Mezclador de video- cámaras	PANA SONIC AW-HS50E	1		
SEÑALES DE ENTRADA			REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES. (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
3 señales de cámaras	3 cámaras	SONY EVI-H100S		
Señal de video de matriz de par trenzado	De matriz de par trenzado a través de receptor VGA	EXTRON MTPX PLUS 128 + EXTRON MTP RL 15 HDA		
SEÑALES DE SALIDA			REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Señal de video SDI a monitor de control de cámaras	A monitor de control de cámaras a través de conversor SDI/HDMI	SDI/HDMI DATA VIDEO DAC 8 +SAMSUNG LE19D450		
Señal de video HDMI a distribuidor DVI	Entrada desde mezclador	EXTRON DVI DA2		
	Salida a matriz HDMI			
	Salida a procesador de imágenes			
3. PRUEBAS FUNCIONALES				COMENTARIOS
Prueba mando remoto de cada una de las cámaras con mesa de control (Pan/Tilt/Zoom)				
Prueba recepción de señal en monitor de control de cámaras				
Prueba recepción de señal en distribuidor DVI				
Prueba de funcionamiento de mezclador y programación de presets.				
Prueba de funcionamiento de mezclador con la señal proveniente de la matriz de par trenzado y de las cámaras				

SISTEMA DE VIDEOPROYECCIÓN

1. EQUIPOS				
FUNCIÓN	MODELO	N° EQUIPOS	REVISIÓN CONEXIONES Y CONFIGURACIÓN (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Pantalla de proyección	SPACE JUMBO I+ motor	1		
Videoproector	NEC PX750U	2		Programación de "blending" mediante software específico.
Extensor de HDMI	EXTRON HDMI 101 plus	2		
2. PRUEBAS FUNCIONALES				COMENTARIOS
Prueba de recepción de señal en cada videoproector				
Prueba de proyección sobre la pantalla				

SISTEMA DE VIDEOCONFERENCIA

1. CODEC VIDEOCONFERENCIA				
SISTEMA VIDEOCONFERENCIA	TANDBERG /CISCO C40	1		
SEÑALES DE ENTRADA			REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES. (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Entrada VGA	De matriz de par trenzado a través de receptor VGA	EXTRON MTPX PLUS 128 + EXTRON MTP RL 15 HDA		
Entrada HDMI	De matriz 12x12 HDMI	EXTRON SMX 200		
Entrada audio	A mesa de mezclas de audio	YAMAHA 01V96i		
SEÑALES DE SALIDA			REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Salida HDMI	A matriz 12x12 HDMI	EXTRON SMX 200		
Salida audio	A mesa de mezclas de audio	YAMAHA 01V96i		
2. PRUEBAS FUNCIONALES				COMENTARIOS
Prueba de llamada de videoconferencia.				
Prueba de recepción de llamada de videoconferencia.				

SISTEMA DE CONTROL

1. EQUIPOS					
FUNCIÓN	MODELO		Nº EQUIPOS	REVISIÓN CONEXIONES CONTROL Y CONFIGURACIÓN (RESULTADO:)	COMENTARIOS
Matriz par trenzado	EXTRON MTPX PLUS 128		1		
Matriz - 12x12 HDMI	EXTRON SMX 200		1		
Procesador de gráficos	EXTRON MSP 464 DI		1		
Grabador Video HD 1080i	GEFEN GTV-HD-PVR		1		
Transmisor y Selector 6x1 (audio y vídeo)	EXTRON SW6 MTP T 15HD A		1		
Codec de Videoconferencia	TANDBERG /CISCO C40		1		
Grabador audio enrackable	MARANTZ PMD580		1		
Interfaz serie/ DMX512 de mesa de mezclas de audio	CRESTRON CGDMX		1		
Videoproyector	NEC PX750U		2		
Emisor de infrarrojos para control reproductor y grabador vídeo	CRESTON IRP2		1		
DVD Blue Ray grabador y reproductor	PANASONIC DMR-PWT500		1		
Hub Cresnet	CRESTRON CNX-HUB		1		
Control de ON/OFF de equipos	CRESTRON DIN-8SW8		1		
Control motor pantalla	CRESTRON DIN-2MC2		1		
Antena RF para pantalla de control táctil	Crestron CEN-HPRFGW		1		
Panel Táctil 6"	CRESTRON TPSI-6 X		1		-Ajustes de parámetros y funciones básicas (Setup, Ethernet, Batería,wifi, seguridad,etc). -Programación de la interfaz de control específica para la instalacion mediante herramienta de programación específica del equipo.
Pantalla de control tactil de 8"	CRESTRON TPMC 8X-GA		1		-Creación de presets o modos de funcionamiento preconfigurados: modo presentación con PC, presentación con videoconferencia, presentación con DVD.
2. PROCESADOR CENTRAL DE CONTROL					
Procesador central de control	CRESTRON RACK 2		1		-Configuración de tarjetas de entrada/salida mediante software específico a través de conexión serie a PC.
SEÑALES DE ENTRADA				REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES CONTROL. (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Panel Táctil 6"	CRESTRON TPSI-6 X		1		-Prueba de recepción de señal de control desde las pantalla de control táctil mediante Ethernet.
Pantalla de control tactil de 8"	CRESTRON TPMC 8X-GA		1		-Prueba de recepción de señal de control desde las pantalla de control táctil mediante radiofrecuencia.
SEÑALES DE SALIDA				REVISIÓN EMISIÓN/RECEPCIÓN DE SEÑALES CONTROL (RESULTADO: S/N)	COMENTARIOS
Señal de control RS-232	Matriz par trenzado		EXTRON MTPX PLUS 128		
	Matriz - 12x12 HDMI		EXTRON SMX 200		
	Procesador de gráficos		EXTRON MSP 464 DI		
	Grabador Video HD 1080i		GEFEN GTV-HD-PVR		
	Transmisor y Selector 6x1 (audio y vídeo)		EXTRON SW6 MTP T 15HD A		
	Codec de Videoconferencia		TANDBERG /CISCO C40		
	Grabador audio enrackable		MARANTZ PMD580		
	Interfaz serie/ DMX512		CRESTRON CGDMX		
Señal de control Ethernet	Pantalla de control tactil de 8"		CRESTRON TPMC 8X-GA		
	Videoproyector		NEC PX750U		
	Videoproyector		NEC PX750U		
Señal de control MIDI	Interfaz serie/ DMX512 de mesa de mezclas de audio		CRESTRON CGDMX		
Señal de control CRESNET	Hub Cresnet: CRESTRON CNX-HUB	Control motor pantalla: CRESTRON DIN-2MC2	Control truss iluminación central		
			Control motor pantalla		
		Control de ON/OFF de equipos: CRESTRON DIN-8SW8	Control on/off equipos		
			Control on/off etapas de potencia		
			Control truss iluminación derecho		
			Control truss iluminación izquierdo		
Señal de control IR	DVD Blue Ray grabador y reproductor		PANASONIC DMR-PWT500		
3. PRUEBAS FUNCIONALES (desde cada una de las pantallas de control táctil)					COMENTARIOS
Prueba subida y bajada de pantalla de proyección.					
Prueba subida y bajada de truss central, truss lateral izquierdo y truss lateral derecho.					
Prueba apagado/encendido de equipos, etapas.					
Prueba de control de mesa de mezclas de audio: niveles de señales de entrada y salida individuales, efectos, envíos y presets programados en la mesa de audio.					
Prueba de control de reproductores: reproductor y grabador DVD, Grabador Video HD 1080i , grabador audio enrackable					
Prueba de control de matrices: matriz de par trenzado y matriz HDMI					
Prueba de procesador multiventana: control individual de señales de entrada y salida y de los presets programados en el procesador multiventana.					
Prueba de control de transmisor y selector 6x1 de audio y vídeo.					
prueba de control de videoconferencia.					
Prueba de control de iluminación: de proyectores individuales y de los presets programados en la mesa de control de iluminación.					
Prueba de control de los presets modos de funcionamiento preconfigurados para la instalación completa: modo presentación con PC, presentación con videoconferencia, presentación con DVD.					

6.3 Pruebas de instalación competa

En cuanto a las pruebas funcionales de la instalación completa, se deberá realizar una simulación de varias situaciones reales de uso del auditorio:

- presentación utilizando distintas fuentes de audio y vídeo con el ponente ubicado en el atril.
- presentación utilizando distintas fuentes de audio y vídeo y con el ponente ubicado en la mesa, celebrándose también un debate posterior entre todos los componentes de la mesa.
- rueda de prensa
- presentación con videoconferencia.
- proyección de un concierto grabado.

Capítulo 7

Presupuesto

Debido a que los trabajos se realizan sobre un auditorio existente parte de los trabajos a realizar serán los de protección de suelos y butacas existentes y desmontaje/montaje de falsos techos. La planificación de la ejecución del proyecto es la siguiente, con una duración estimada de ejecución de 3 meses y medio:

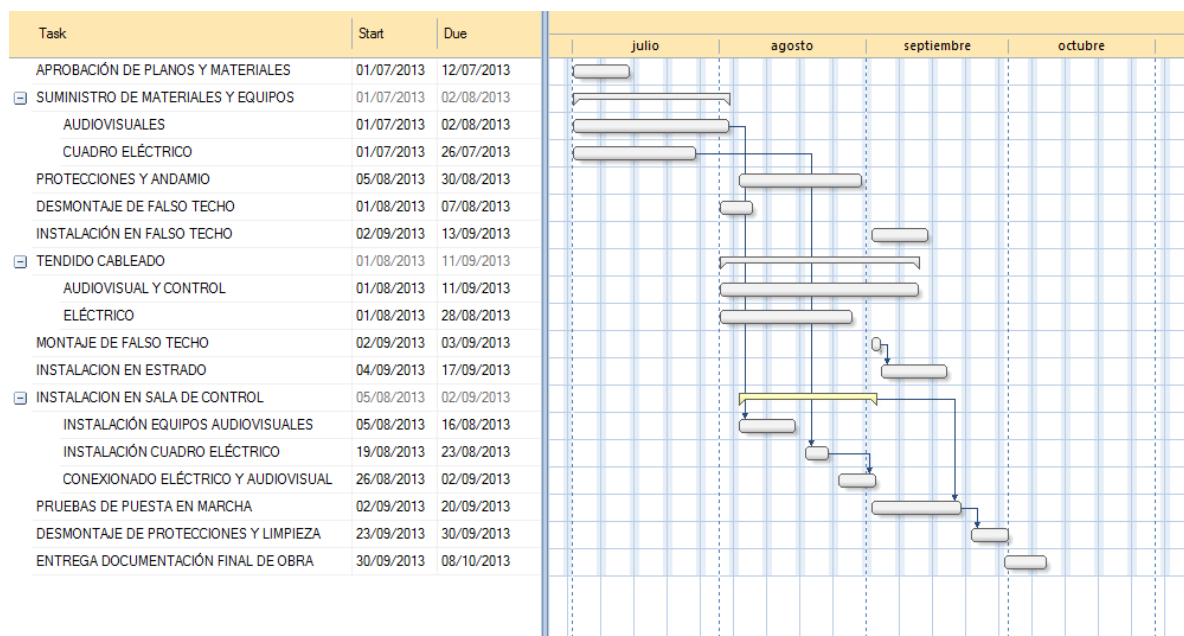


Figura 156. Diagrama de Gantt con la planificación del proyecto.

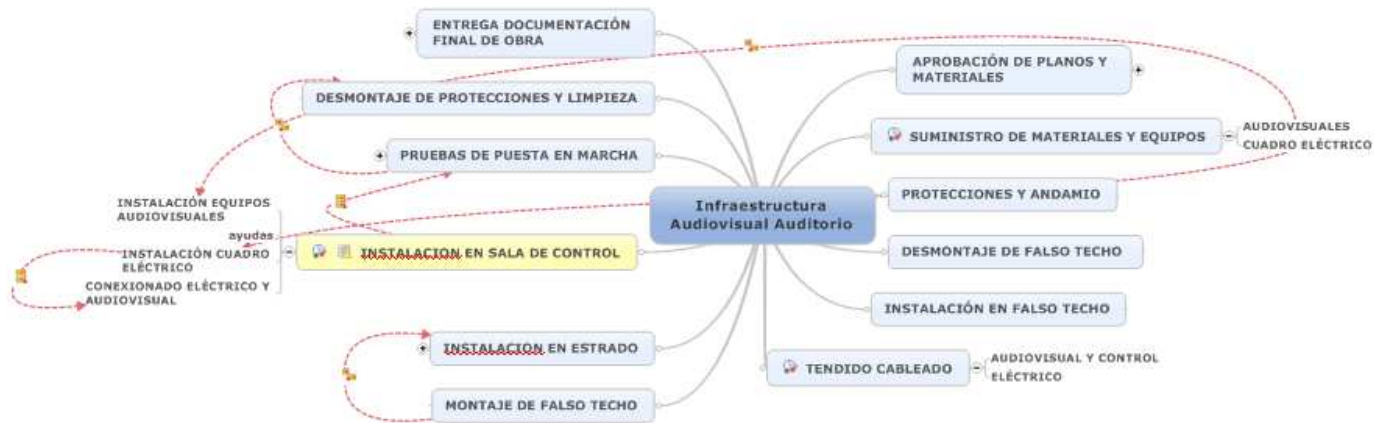


Figura 157. Diagrama de bloques con las actuaciones principales del proyecto de ejecución y su interrelación.

El presupuesto de la instalación desglosado es el siguiente:

	CONCEPTO		Uds.	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
	SISTEMA DE VISUALIZACIÓN	Marca / Modelo			140.584,68 €
PROYECCIÓN	Videoproector 7500lm, Stacking, Blending, WUXGA, Alta definición 1920 x 1200	NEC PX750U	2	10.172,00 €	20.344,00 €
	Long Zoom Lens 2 for PX750U - 5.3- 8.3:1	NEC NP21ZL	2	2.703,00 €	5.406,00 €
	Lámpara - NP22LP (Lamp for PX750U/PX700W/PX800X)	NEC NP22LP	4	542,35 €	2.169,41 €
	Pantalla eléctrica de proyección enrollable de medidas de tela a medida, con máximo de 940 x 365cm. Superficie total pendiente de replanteo y configuración de proyectores. Motor reductor trifásico de servicio continuo con protección térmica. Tela de proyección Blanco Matte ganancia 1:1,1 Ignífuga M1.	SPACE JUMBO I	1	110.000,00 €	110.000,00 €
	Instalación de la pantalla entregada por diferentes secciones y montaje in situ.		1	2.665,27 €	2.665,27 €

	CONCEPTO		Uds.	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
	SISTEMA DE VIDEOCONFERENCIA	Marca / Modelo			11.450,00 €
VIDEO	Codec videoconferencia	TANDBERG C40	1	11.450,00 €	11.450,00 €

	CONCEPTO		Uds.	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
	SISTEMA DE AUDIO	Marca / Modelo			52.473,18 €
MICROFONIA DE LA SALA	Microfono de solapa inalámbrico con petaca y transmisor	Shure ULXP 14/85+ULXP4	2	1.310,00 €	2.620,00 €
	Dos Micrófonos de mano inalámbrico (todos con petaca y transmisor)	Shure ULXP 24/58+ULXP4	2	1.410,00 €	2.820,00 €
ENRUTADOR DE SEÑALES	Mesa de mezclas de audio	Yamaha 01V96i + MY8ADDA96	1	3.950,00 €	3.950,00 €
	Ampliación entradas / salidas mesa de mezclas	Behringer ADA 8000	1	213,78 €	213,78 €
	Procesador de sala con antifeedback	DBX 220i	1	1.392,33 €	1.392,33 €
ALTAVOCES	Sistema Line array	MARTIN AUDIO OMNILINE 4 cabinet	6	2.289,79 €	13.738,72 €
	Etapas de potencia	MC2 T-3500	2	2.398,60 €	4.797,20 €
	Procesador matriz de 4 entradas y 8 salidas (filtro crossover)	MC2 Ti-1048	1	2.777,08 €	2.777,08 €
	Subwoofer	MARTIN AUDIO AQ112	2	917,81 €	1.835,61 €
	Altavoz compacto	MARTIN AUDIO DD6	4	1.135,43 €	4.541,73 €
	Monitorización Sala de Control	Yamaha MS101III	2	147,25 €	294,50 €
CABLEADO E INSTALACIÓN	m. cable señal línea/micrófono: 1 par trenzado de 22 AWG de hilos de cobre estañado. Dieléctrico de polietileno, pantalla de cable 22 AWG, cubierta de PVC.	61801HS GEPCO	705	1,60 €	1.128,00 €
	m. cable señal altavoces: 1 par trenzado de 12 AWG de hilos OFC de 99,999%. Dieléctrico de polietileno y cubierta de PTE.	124HBW GEPCO	561	2,70 €	1.514,70 €
	m. cable de fibra óptica multimodo OM3, 2 fibras	OR-211FO2TGLZ-OM	8	7,00 €	56,00 €
	Instalación		1	10.793,53 €	10.793,53 €

Presupuesto

	CONCEPTO		Uds.	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
	SISTEMA DE GRABACION / EDICION DE EVENTOS	Marca / Modelo			15.066,46 €
SISTEMAS DE CAMARAS Y GRABACION DE AUDIO Y VIDEO	Cámara 1920x1080 (zoom x10)	Sony EVI H100S	3	3.172,23 €	9.516,69 €
	Mesa de control de las cámaras	Sony RM-BR300	1	1.253,93 €	1.253,93 €
	Monitor 19" para gestión y visualización de señales zona de control.	Samsung LE19D450	1	190,00 €	190,00 €
	m cable SDI:coaxial con conductor central de cobre sólido 14AWG, pantalla de cobre estañado y trenzado al 95% más una lámina. Dieléctrico de espuma de polietileno.	VHD-1100	130	5,10 €	663,00 €
	DVD grabador con disco duro de 250 GB	Panasonic DMR-PWT500	1	371,95 €	371,95 €
	Grabador vídeo HD 1080i	Gefen GTV-HD-PVR	1	1.040,58 €	1.040,58 €
	Convertidor analógico/digital audio para grabación	Gefen GTV-AAUD-2-DIGI	1	109,23 €	109,23 €
	Grabador audio enrackable Compact Flash, MP3	Marantz PMD580	1	969,66 €	969,66 €
PC SALA CONTROL	PC multimedia en cabina de control, permite proyectar contenidos en su disco duro o vía sus entradas USB y/o tarjeta. Monitor, teclado y ratón.	HP LH125EA/23	1	951,42 €	951,42 €

	CONCEPTO		Uds.	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
	SISTEMA DE CONTROL	Marca / Modelo			29.008,56 €
SISTEMA DE CONTROL Y VISUALIZACION EN CABINA	Procesador central de control configurable con tarjetas, a elegir RS232, RS485, RS422, IR, etc.	Crestron RACK 2	1	5.771,91 €	5.771,91 €
	Tarjeta de Ethernet 10/100 base T Half /Full duplex, para uso con RACK2. Tarjeta de super alta velocidad en conectividad.	Crestron C2ENET 1	1	1.156,46 €	1.156,46 €
	Tarjeta de 3 puertos bi-direccional RS-232/422/485	Crestron C2COM-3	3	898,31 €	2.694,94 €
	Tarjeta de 8 conexiones IR, para equipos sin posibilidad de RS 232, con posibilidad de lanzar 8 codigos simultaneos a 1,3 Mhz.	Crestron C2IR-8	2	898,31 €	1.796,63 €
	Emisor de infrarrojos con cable y led de control.	Crestron IRP2	1	59,55 €	59,55 €
	Controlador MIDI para mesa Yamaha	Crestron CNXMIDI	1	523,45 €	523,45 €
	Interfaz RS232/DMX512 para control iluminación.	Crestron CGDMX	1	1.078,65 €	1.078,65 €
	Pantalla de control tactil de 6" con sistema Isys, calidad VGA.	Crestron TPSI-6 X	1	3.521,91 €	3.521,91 €
	Base WiFi para pantalla con entrada de cable de red para aseguramos de la posible perdida en la red wifi, tambien carga la batería de la pantalla.	Crestron TPSI 6X DS	1	639,33 €	639,33 €
	Pantalla de control tactil de 8" con sistema Isys, calidad SVGA.	Crestron TPMC 8X-GA	1	4.778,65 €	4.778,65 €
	Base WiFi para pantalla con entrada de cable de red para aseguramos de la posible perdida en la red wifi, tambien carga la batería de la pantalla.	Crestron TPMC 8X-GA DS	1	646,07 €	646,07 €
	Antena RF para sistema Isys de las pantallas ofertadas, con 16 canales a 2,4 Ehz, el alcance es de 30 a 60 metros.	Crestron CEN-HPRFGW	1	646,07 €	646,07 €
	Relé de control 8 salidas:ON/OFF de equipos y trus laterales	Crestron DIN-8SW8	1	265,00 €	265,00 €
	Relé de control 2 salidas: motores pantalla y truss central	Crestron DIN-2MC2	1	365,00 €	365,00 €
	Hub Cresnet para control de relés	Crestron CNXHUB	1	1.820,00 €	1.820,00 €
	Fuente de alimentación de 24 voltios y 300 Watios diseñado para cableado sistema Cresnet	Crestron C2NSPWS300	1	1.924,72 €	1.924,72 €
	Cableado del sistema de control con cable CRESNET, RS-232 +MIDI, desde el procesador central a cada uno de los elementos a controlar	BELDEN 1502R	1	1.320,22 €	1.320,22 €

	CONCEPTO		Uds.	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
	MATRIZ DE VIDEO Y CABLEADO	Marca / Modelo			40.768,71 €
MATRIZ DE VIDEO	Matriz - 12x12 HDMI	Extron SMX 200 60-1021-01 + SMX 88 HDMI (2 slots)+SMX 44 HDMI (1 slot)	1	8.974,00 €	8.974,00 €
	Separador de audio HDMI	Extron HAE	2	541,47 €	1.082,93 €
	Matriz par trenzado	EXTRON MTPX PLUS 128	1	7.728,12 €	7.728,12 €
	Transmisor de VGA cat 5	EXTRON MTP T15 HDA	2	392,00 €	784,00 €
	Receptor de VGA cat 5	EXTRON MTP RL 15 HDA	5	392,00 €	1.960,00 €
	Procesador de gráficos múltiples de 4 ventanas con entrada DVI	EXTRON MGP 464 DI 60-771-02	1	10.668,59 €	10.668,59 €
	Distribuidor DVI	EXTRON DVI DA2	1	359,69 €	359,69 €
	Kit Emisor + Receptor Cat5 de tipo HDMI compatible con DVI mediante adaptador	EXTRON HDMI 201TX/RX	2	620,22 €	1.240,44 €
	Selector 6x1 VGA Cajas mesa	EXTRON SW6 MTP T 15HD A	2	503,56 €	1.007,12 €
	Convertor de DVI a analogico	EXTRON DVI-RGB 200	2	614,00 €	1.228,00 €
	Convertor de analogico a HDMI	EXTRON RGB-HDMI 300	1	541,47 €	541,47 €
	Extensor de HDMI	EXTRON HDMI 101 plus	2	355,00 €	710,00 €
	Distribuidor de señal VGA de 1x4	EXTRON P/2 DA4xi	1	320,73 €	320,73 €
	Mezclador de video HD/SD compacto de 5 entradas.	PANASONIC AW-HS50E	1	3.738,23 €	3.738,23 €
	Convertor HD/SD SDI a HDMI	PANASONIC DAC-8	1	425,39 €	425,39 €

	CONCEPTO		Uds.	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
	CABLEADO Y RACKS	Marca / Modelo			16.939,49 €
CABLEADO	IN Cable de DVI de max 2m	KRAMER C-DM/DM-6	6	64,61 €	387,64 €
	IN Cable de VEA de max 2m	KRAMER C-GM/GM-6	8	11,63 €	93,03 €
	IN Cable de audio analógico RCA de max 2m	KRAMER C-2RAM/2RAM-6	8	6,46 €	51,69 €
	IN Cable de audio analógico XLR de max 2m	KRAMER C-XLM/XLF-6	8	11,63 €	93,03 €
	IN Cable de audio analógico JACK de max 2m	KRAMER C-A35M/A35M-6	8	11,63 €	93,03 €
	Mesa y Atril Cable de DVI a HDMI de 1m	KRAMER C-HM/DM-3	7	21,97 €	153,76 €
	Mesa y Atril Cable de HDMI a HDMI de 1m	KRAMER C-HM/HM/FLAT-3	7	21,97 €	153,76 €
	Mesa y Atril Cable de VGA de 1m	KRAMER C-GM/GM-3	7	11,63 €	81,40 €
	Mesa y Atril Cable de Audio Analógico RCA de 1m	KRAMER C-2RAM/2RAM-3	7	5,17 €	36,18 €
	Mesa y Atril Cable de Audio Analógico de RCA a Minijack de 1m	KRAMER C-A35M/2RAM-3	7	7,75 €	54,27 €
	Splitter Mesas Cable de VGA de 10m	KRAMER C-GM/GM-35	6	40,06 €	240,34 €
	Splitter Mesas Cable de HDMI de 10m	KRAMER C-HM/HM/FLAT-35	6	148,60 €	891,57 €
	Cable HDMI alta velocidad 24AWG (Varias longitudes)	C-HM/HM/HC	160	7,60 €	1.216,00 €
	Cable HDMI alta velocidad 24AWG plano	C-HM/HM/FLAT	46	7,30 €	335,80 €
	m. cable de Cat5e UTP multimedia (par trenzado A/V y control cámara)	OR-100UC5ER-EU-09	1.000	1,39 €	1.393,26 €
	Conector RJ-45 para Cat5 multimedia		40	0,53 €	21,12 €
	m cable de Cat6 UTP	OR-100UC6H-EU-05	188	2,58 €	485,04 €
	m cable DMX: 2 pares de conductores trenzados 24AWG y cubierta de PTE extraflexible. Pantalla doble trenzada y en lámina.	DLC224	30	3,60 €	108,00 €
	m. cableado alimentación eléctrica monofásico 3x2,5mm2	3x2,5 EXZHELLENT XXI RZ1-K (AS) 1000 V SF	885	4,03 €	3.566,55 €
	m. cableado alimentación eléctrica trifásico 5x25mm2	5x25 EXZHELLENT XXI RZ1-K (AS) 1000 V SF	25	57,38 €	1.434,50 €
RACKS	Rack sala de control	FONESTAR FRA-40U + T-FRA	2	927,57 €	1.855,14 €
	Rack bajo escenario	RACK 19U	1	300,00 €	300,00 €
	Caja Ackermann Extron		4	271,35 €	1.085,39 €
	Latiguillos varios de cable de señal y control		1	2.808,99 €	2.808,99 €

Presupuesto

	CONCEPTO		Uds.	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
	PERIODISTAS	Marca / Modelo			3.088,12 €
SALIDAS PERIODISTAS AUDIO Y VIDEO	Amplificador-Distribuidor 16 salidas para audio periodistas	RANE 216S	1	707,87 €	707,87 €
	Maletin tomas de audio para periodistas, alambrico	Altair RP-240	1	1.953,37 €	1.953,37 €
	Conectores	Neutrik XLR 3 macho	64	3,07 €	196,48 €
	Conectores	Neutrik XLR3 hembra	64	3,60 €	230,40 €

	CONCEPTO		Uds.	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
	AUDIOVISUALES MESA Y ATRIL	Marca / Modelo			9.553,89 €
MESA PONENTES	Caja automatica de conexiones para mesa	Extron HSA 400 60-700-0D + 70-101-13 (vga con audio + rj45)	2	681,85 €	1.363,71 €
	Caja automatica de conexiones para mesa	Extron HSA 400 60-700-0D + 70-616-02 (rj45 + hdmi + audio + vga)	1	681,85 €	681,85 €
	Sistema de conferencias	DIS DDS 5900 (CU5905 + 6xDC 5980P + 6xGM 5924)	1	2.957,00 €	2.957,00 €
	Monitor TFT 15" Mesas de ponencia encastrado con cristal protector y cableado interconexion	ALBIRAL 150HV01MR	3	864,79 €	2.594,37 €
ATRIL BASICO	MICROFONO TIPO FLEX PARA CONFERENCIAS Microfono +capsula condensador diagrama polar supercardioide	SHURE MX418N+R184B	1	410,32 €	410,32 €
	Monitor encastrado en atril	ALBIRAL 150HV01MR	1	864,79 €	864,79 €
	Caja de conexiones audio, datos y VGA y cableado global	Extron HSA 400 60-700-0D + 70-101-13 + 70-616-02 + vga con audio + rj45 + hdmi	1	681,85 €	681,85 €

	CONCEPTO		Uds.	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
	PROYECTO, PROGRAMACIÓN Y DIRECCIÓN TÉCNICA				10.584,27 €
INSTALACIÓN	Proyecto Técnico, Programación, Dirección de Obra		1	10.584,27 €	10.584,27 €

	CONCEPTO		Uds.	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
	PARTIDAS NECESARIAS PARA LA INSTALACION Y MANTENIMIENTO				4.548,48 €
MOTORES	Motor eléctrico de anclaje para pantalla de proyección		2	568,56 €	1.137,12 €
	Motor eléctrico para elevación de truss		6	568,56 €	3.411,36 €

	CONCEPTO		Uds.	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
	ILUMINACIÓN	Marca / Modelo			10.717,44 €
ILUMINACIÓN	Proyector de teatro de 650/1000W con lente Fresnel. Construcción robusta con perfiles de aluminio. Lente de Borosilicato de Ø 150mm. Porta filtro. Rejilla de seguridad extraíble. Ranura de inserción para porta filtro y visera. Soporte. Ajuste del focus con bisinfín. Zoom de 13° a 53°; zócalo para lámpara GX9,5 para lámpara de 650/1000W. Sistema de ventilación por laberinto. Reflector esférico de aluminio pulido. Malla de protección frontal. Fácil acceso y desenroscado para la limpieza de la lente. Acabado en negro.	DTS SCENA-1000-F	12	156,23 €	1.874,76 €
	Visera para el modelo Scena 1000. Acabado en negro.	DTS BD-SCENA1000-B	12	32,67 €	392,04 €
	Lámpara T19 - 1000W GX9.5	LAMP-1000W-230V-GX9,5-T19	12	15,69 €	188,25 €
	Grapa en forma de "C" G50 para tubo de 50 mm (carga máxima de 10Kg).Acabado en negro	DTS C-CLAMP-G50B	12	9,63 €	115,60 €
	Cable de seguridad (3mm x 60 cm). Soporte de sujeción con una carga máxima de 60Kg.	DTS S-WIRE	12	13,82 €	165,86 €
	Dimmer mural digital de 12 x 10A con pantalla LCD. Filtros de 400uS por canal. Controlado mediante procesador RISC de alta velocidad con alta resolución del convertidor D/A. Acceso de todas las funciones del menú a través de teclas y visualizado en pantalla LCD. Selección de tipos de curva. Magnetotérmico general de 4 polos. Protección de salida a través de magnetotérmico de doble polo. Entrada DMX de 3 y 5 polos y 0-10V mediante conector SUB-HD15. 12 salidas mediante bornes carril DIN, (paneles opcionales para conectores de salida diferentes). Alimentación trifásica 3 x 40A. Incluye Panel trasero de salida con 12 x Shuko para dimmers de las series 400 DDP, WM y NDP	SRS DDPN1210B-8WM+SRS K5-12xSCHUKO	1	2.574,86 €	2.574,86 €
	Splitter DMX de 1 entrada y 10 salidas, opto-aislado. Led indicador del estatus de DMX. Interruptor de terminación de línea DMX con indicador de leds. Conectores XLR de 5 pines. 1 ud. de rack 19".	SRS DSR10-5	1	660,94 €	660,94 €
	Mesa de control de iluminación DMX.	BOTEX DC1224	1	615,92 €	615,92 €
	Instalación, soporetos, cerrajería y barras		1	4.129,21 €	4.129,21 €

	CONCEPTO		Uds.	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
	PARTIDAS DE TRABAJOS AUXILIARES				25.500,00 €
TRABAJOS AUXILIARES	Protecciones auditorio (suelos, asientos, cristales paredes, etc)		1	2.500,00 €	2.500,00 €
	Montaje de andamio para anclaje de equipos a forjado		1	5.000,00 €	5.000,00 €
	Desmontaje / montaje de falsos techos, incluso reposición de falsos techos dañados (60m2).		1	7.000,00 €	7.000,00 €
	Apertura de huecos en muros y posterior sellado (6m2)		1	2.500,00 €	2.500,00 €
	Apertura de perforaciones en estrado, incluyendo remate y marco para instalación de altavoces de refuerzo y cajas de registro empotradas (2m2)		1	2.000,00 €	2.000,00 €
	Suministro e instalación de cuadro eléctrico según esquema mostrado en planos.		1	6.500,00 €	6.500,00 €

	PRECIO TOTAL PROYECTO
TOTAL PROYECTO	370.283,28 €
TOTAL PROYECTO (21% IVA INCLUIDO)	448.042,77 €

NOTA: Los precios incluyen parte proporcional de mano de obra

Tabla 9. Presupuesto.

El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de CUATROCIENTOS CUARENTA Y OCHOMIL CUARENTA Y DOS CON SENTENTA Y SIETE (IVA incluido)

Leganés a 7 de Junio de 2013

La ingeniera proyectista

Fdo. M^a Elena Moreno Mendoza

El presupuesto está basado en su mayoría en precios PVP de fabricante, que al final vienen a ser los precios que puede cobrar un contratista por suministrar y montar el equipo, material y mano de obra, por lo que el precio total es en principio razonable para una instalación de este tipo. No obstante si se ejecutara realmente la instalación habría que revisar los precios al momento de ejecución y a la oferta de la empresa que los ejecute.

Capítulo 8

Conclusiones

La instalación diseñada permite cubrir las necesidades básicas del salón de actos cuyo uso fundamental será la celebración de conferencias, permitiendo también la celebración de videoconferencias y reproducción musical con muy buena calidad. Además el sistema de control diseñado proporciona un interfaz de pantalla táctil sencillo y eficaz para poder manejar el sistema completo por parte de personal no especializado, aunque sí con un curso de formación mínima en el manejo de la instalación. No obstante, el personal cualificado podrá acceder a todas las opciones de configuración existiendo un mayor número de posibilidades.

Si se quisiera ampliar la funcionalidad y versatilidad del auditorio se podría introducir un sistema de traducción simultánea que puede ser necesario en la celebración de conferencias, pudiendo añadirse sin problemas ya que el sistema de conferencias de la mesa del escenario está preparado para ello, también existe espacio de reserva en la sala de control para las cabinas de los traductores, circuitos de reserva en el cuadro eléctrico y espacio en los racks la instalación de nuevos equipos.

Otra posible mejora es la instalación de un videowall para reproducción de vídeo de forma que no sea necesaria la bajada de las persianas del auditorio para la reproducción de vídeo sobre la pantalla de proyección.

Para mejorar las posibilidades de celebración de pequeños conciertos se podrían equipar micrófonos en la sala de control específicos para captación de eventos musicales estándar (conciertos de cámara, conciertos grupo musical 6 integrantes: batería, bajo, teclado, guitarra, cantante, instrumento de viento), con el cableado de interconexión ya tendido bajo el

Conclusiones

escenario, de forma que para preparar el evento solamente sea necesario retirar la mesa del escenario y conectar el cableado disponible bajo el escenario a los micrófonos y conectar ese mismo cableado a la mesa de mezclas de audio.

En cuanto a la cabina de control, al ser independiente del espacio del salón de actos separada por un cristal insonorizado, en la práctica dificultará el trabajo de los técnicos ya que no tendrán referencias sonoras reales de lo que sucede en el auditorio. Si se eliminara dicha insonorización podría mejorarse este aspecto.

En cualquier caso, las anteriores mejoras son viables ya que el sistema diseñado es lo suficientemente flexible como para incorporar nuevos equipos, por la capacidad de ampliación y el diseño abierto que proporciona compatibilidad con cualquier dispositivo del mercado que se quiera incluir.

Asimismo a la hora de instalar los equipos se han tenido en cuenta las futuras labores de mantenimiento de forma que se prevé espacio suficiente, motores de bajada e izado de truss de iluminación, racks bajo escenario para poder acceder a los equipos, etc.

Por tanto, la instalación audiovisual diseñada permite cumplir holgadamente las necesidades de un salón de actos polivalente mencionadas al inicio del diseño, con equipamiento conforme a estado actual de la tecnología, calidad en el procesamiento de audio y vídeo, control sencillo y eficaz, facilidad en las labores de mantenimiento, capacidad de ampliación y compatibilidad con las instalaciones existentes y futuras.

9. Glosario

ACN	<i>Architecture for Control Networks</i>
AES/BUS	<i>Audio Engineering Society/European Broadcasting Union</i>
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
CCD	<i>Charge Coupled Device</i>
CRT	<i>Cathode Ray Tube</i>
DLP	<i>Digital Light Processing</i>
DMX	<i>Digital MultipleX</i>
EIA/TIA	<i>Electronic Industries Alliance/ Telecommunications Industry Association</i>
ESTA	<i>The Entertainment Services & Technology Association</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
IID	<i>Interaural Intensity Difference (Diferencias Interaurales de Intensidad)</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITD	<i>Interaural Time Difference (Diferencias Interaurales de Tiempo)</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
LCD	<i>Liquid Cristal Panel</i>
LcoS	<i>Liquid cristal on Silicon</i>

GLOSARIO

LSHZ	<i>Low Smoke Zero Halogen</i>
MPEG	<i>Moving Picture Experts Group</i>
OFC	<i>Oxygen Free Copper</i>
PDP	<i>Plasma Display Panel</i>
QoS	<i>Quality on Service (Calidad de Servicio)</i>
RDM	<i>Remote Device Management</i>
RDSI ó ISDN	<i>Red Digital de Servicio Integrados ó Integrated Services Digital Network</i>
RTB, RTC, RTBC/POTS/ PSTN	<i>Red Telefónica Básica Conmutada/ Plain Old Telephone Service/Redes Telefónicas Conmutadas por Paquetes</i>
S/PDIF	<i>Sony/Philips Digital Interface Format</i>
SDP	<i>Session Description Protocol</i>
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>
SPL	<i>Sound Pressure Level (Nivel de Presión Sonora)</i>
TCP	<i>Transport control Protocol</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
USITT	<i>United States Institute for Theatre Technology</i>
VOD	<i>Video On Demand (Vídeo Bajo Demanda)</i>

10. Referencias

LIBROS

- [L1] Davis D. and Patronis E. “Sound System Engineering” (Focal Press, 2006, 3ªEd)
- [L2] Davis, G. and Jones R.: “Sound Reinforcement Handbook” (Hal Leonard Publishing, 1989, 2ª Ed).
- [L3] Pueo Ortega B. y Romá Romero M.: “Electroacústica: Altavoces y Micrófonos” (PEARSON. Prentice Hall, 2003, 1ª Ed)
- [L4] Rumsey F. and McCromick T.: “Sonido y Grabación. Introducción a las técnicas sonoras” (Instituto Oficial de Radio Televisión Española, RTVE, 2004, 2ª Ed)
- [L5] Carrión Isbert A. “Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos” (Ed. UPC, 1998)
- [L6] Centro de Ingeniería y Diseño de Alumbrado de N.V. Philips Gloeilampenfabrieken, “Manual de alumbrado” Paraninfo, 1975.
- [L7] Manuel Recuero López, “Acondicionamiento Acústico”, Paraninfo, 2001
- [L8] Higini Arau, “ABC de la acústica arquitectónica”. Ediciones CEAC, 1999.

PROYECTOS FIN DE CARRERA

- [P1] Manuel Vázquez Rosado, PFC “Estudio Acústico de las aulas abovedadas en el Edificio Sabatini de la Universidad Carlos III de Madrid”, UC3M, julio 2011.
- [P2] Juan Carlos Prieto Hernández, PFC “Estudio Acústico de la sala 25 de los cines Kinopolis”, UC3M, septiembre 2011.

GLOSARIO

- [P3] Ana Belén Sarmiento Salgado, PFC “Validación de software para predicción de acústica de salas y aplicación al diseño de aulas” Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones Vigo, 2002.
- [P4] Francisco Javier Mañó Frasset, PFC “Aislamiento y Acondicionamiento Acústico de un auditorio para actuaciones en directo de bandas de música”, Escuela Politécnica Superior de Gandía, 2010.

APUNTES UNIVERSIDAD

- [A1] Asignatura “Fundamentos de Ingeniería Acústica”
- [A2] Asignatura “Audio en Telecomunicaciones”
- [A3] Asignatura “Infraestructura de locales Audiovisuales”

ARTÍCULOS Y DOCUMENTOS DE PÁGINAS WEB

- [W1] http://www.egiaudio.com/infotec/pdf/zip/esp/la_instalacion/coleccionable.pdf. Curso de acústica EGI.
- [W2] http://ice3cm14.blogspot.com.es/2011_12_01_archive.html. Blog divulgación.
- [W3] <http://fisilosofo.wordpress.com/tag/ciencia-y-divulgacion/>. Blog divulgación.
- [W4] <http://cienciajs.blogspot.com.es/2012/09/una-corona-en-el-cielo-de-compostela.html>. Blog divulgación.
- [W5] <http://usuarios.multimania.es/fisikito/Clases/ondas/Sonido.htm>. Página web divulgativa
- [W6] <http://proton.ucting.udg.mx/~jmario/acustica.html>. Artículo acústica Geométrica de la Universidad de Guadalajara.
- [W7] <http://www.ehu.es/acustica/>. Curso de Acústica de la Universidad del País Vasco.
- [W8] <http://acusticarquitectonicaymedioambiental.blogspot.com.es/2010/06/conceptos-de-acustica-arquitectonica.html>
- [W9] <http://www.hispasonic.com/blogs/modos-propios/37032>. Artículo sobre modos propios.
- [W10] http://es.wikipedia.org/wiki/Curva_isof%C3%B3nica.
- [W11] <http://www.colomboasesores.com.ar/colab.tecnicas/01Niveles%20sonoros.htm>
- [W12] <http://www.monografias.com/trabajos27/audio-mpeg/audio-mpeg.shtml>
- [W13] <http://www.sabine.com/resources/FBX/Literature/Positive-Feedback-v2.pdf>. Artículo sobre eliminación de la realimentación en tiempo real del fabricante Sabine.
- [W14] <http://usuarios.multimania.es/k1kee/pdfrefson/K1KEDisenoGAAireLibre.pdf> Marcos Salazar, S. Artículo sobre diseño de ganancia acústica para sistemas de refuerzo sonora al aire libre
- [W15] http://www.iset57.edu.ar/home/archivos/books/Eargle_John-Dise%C3%B1o_de_Sistemas_de_Sonido.PDF John Eargle, Manual de referencia para diseño de sistemas de sonido
- [W16] <http://ebookbrowse.com/contaminacion-acustica-tcm7-1705-pdf-d192523306>

- [W17] <http://valare.es/1854/decaimiento-acumulativo-del-espectro-o-como-saber-algo-de-la-respuesta-temporal-de-un-altavoz/> Blog y comunidad de aficionados al audio, artículo sobre respuesta temporal de altavoces.
- [W18] <http://www.sonido-zero.com/>. Web de sonido profesional con artículos interesantes (altavoces).
- [W19] <http://fisgan.webs.upv.es/news/DAS/ES%20Line%20Array%202008.pdf> Joan La Roda, Reportaje técnico sobre el funcionamiento de los line-array.
- [W20] <http://www.martin-audio.com/softtech/AdvancesinLineArray.pdf>. Artículo sobre los avances en los line array del fabricante Martin Audio.
- [W21] http://www.meyersound.com/spanish/support/papers/line_array_theory.htm Artículo sobre line array del fabricante Meyer Sound.
- [W22] http://www.renkus-heinz.com/support/software-support/ease_support/tutorials/tutorials.html Tutorial software de simulación acústica EASE.
- [W23] http://es.wikipedia.org/wiki/Early_decay_time
- [W24] http://elrincondelaudioylaacustica.blogspot.com.es/2010/04/las-famosas-curvas-nc_19.html
- [W25] http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_PTZ
- [W26] <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Hardware/HistoriaVisual/index.html>. Página web sobre la historia de la visualización.
- [W27] <http://www.alquiler-videoprojector.com/tecnologia-dlp/>
- [W28] <http://personales.unican.es/perezvr/> Constantino Pérez Vega, profesor de Universidad de Cantabria.
- [W29] [http://www.grc.upv.es/docencia/tdm/trabajos2007/Abel_H.323%20vs%20SIP%20\(1\).pdf](http://www.grc.upv.es/docencia/tdm/trabajos2007/Abel_H.323%20vs%20SIP%20(1).pdf) Abel Sáez Incertis, estudio comparativo entre H.323 y SIP, Universidad Politécnica de Valencia.
- [W30] http://neutron.ing.ucv.ve/comunicaciones/Asignaturas/DifusionMultimedia/Tareas%202006-1/Videoconferencia%20basada%20en%20SIP_Garcia.pdf Pedro Luis García, artículo sobre videoconferencia basada en SIP, Universidad Central de Caracas.
- [W31] <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No3/Araujo.html> Delfin Araujo Quintas, artículo sobre tendencias en los estándares de transmisión para videoconferencia, Universidad Central de Caracas.
- [W32] <http://www.solosequenosnada.com/2010/12/29/sustituir-lamparas-halogenas-por-lamparas-de-leds-ahorra-energia-y-dinero-drasticamente/>
- [W33] <http://www.escenografia.cl/ilum.htm> Página web sobre escenografía e iluminación.
- [W34] <http://www.cybercollege.com/span/typ030.htm> Página web sobre iluminación para televisión
- [W35] <http://www.slideshare.net/flacosta/la-iluminacin-escnica-10253197> Fernando López Acosta, presentación sobre iluminación escénica
- [W36] <http://es.wikipedia.org/wiki/DMX> Artículo wikipedia sobre protocolo DMX de control de iluminación.
- [W37] <http://aldgard.com/iee01/IEE07.pdf> Documento sobre proyectores
- [W38] <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/iluminacion/PROYECTORES.pdf> Miguel Ángel Asensio Hernández y Luis Manuel Martín Martín, presentación sobre proyectores.

- [W39] http://www.pcpaudio.com/pcpfiles/doc_altavoces/cables/cables.html. Página web sobre equipamiento de audio y características de cableado.
- [W40] <http://www.audiovideohd.com/v15/index.php/bancos-de-prueba/60-general/2444-cables-de-alta-calidad-para-audio> Artículo sobre cableado de alta calidad para audio, revista Online: HiFi, Home Cinema y Nuevas Tecnologías.
- [W41] <http://www.duiops.net/hifi/cine-en-casa-conexiones.html> Artículo sobre tipos de cables y modos de conexión de página web de la Alta Fidelidad y Cine en Casa.
- [W42] http://www.audioquest.com/pdfs/aq_cable_theory.pdf Artículo sobre teoría de cableado, del fabricante de cableado audioquest.
- [W43] <http://audiosystemsgroup.com/TransLines.pdf> Jim Brown, artículo sobre líneas de transmisión.
- [W44] http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/EMC/trabajos_01_02/blindajes_apan_tallamientos/El%20blindaje%20de%20los%20cables%20apantallados.htm Artículo sobre apantallamiento del cableado del laboratorio de procesamiento de imagen de la Universidad de Valladolid.
- [W45] http://www.mfbarcell.es/redes_de_datos/tema_08/tema08_medios.pdf Manuel Fernández Barcell, profesor asignatura redes de datos, Universidad de Cádiz.
- [W46] <http://www.xatakaon.com/tecnologia-de-redes/especial-comunicaciones-opticas-ii-que-es-una-fibra-optica-y-como-funciona>
- [W47] <http://cienciasstecnologia.blogspot.com.es/2011/11/el-padre-de-la-fibra-optica.html>
- [W48] <http://redesandreshurtado.blogspot.com.es/2012/01/cable-guiado-tp-utp-stp-ftp.html>
- [W49] <http://www.mediafile.es/2010/11/tipos-de-conectores-de-audio-y-video.html>
- [W50] <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/es/equipamiento-tecnologico/hardware/1002-tipos-de-conexiones-multimedia>
- [W51] http://media.extron.com/download/files/whitepaper/tp_intro_wp.pdf White paper del fabricante Extron “Sending A/V Signals Over Twisted Pair Cables: An introduction”
- [W52] http://media.extron.com/download/files/whitepaper/tp_opt_wp.pdf White paper del fabricante Extron “Sending A/V Signals Over Twisted Pair Cables: Optimizing Performance”
- [W53] http://www.rediris.es/mmedia/salas/salas.html#_Toc527452691 Documento de la RedIris sobre equipamiento de salones de actos. Septiembre 2012.
- [W54] http://chaplin.urjc.es/z_files/aj_comu/aj04/Sala6/Sala6.html#3 Página equipamiento audiovisual sala de videoconferencia de universidad Rey Juan Carlos.
- [W55] http://portal.uned.es/pls/portal/docs/PAGE/UNED_MAIN/LAUNIVERSIDAD/VICERRECTORADOS/GERENCIA/GESTION%20ECONOMICA/CONTRATACION/PROCEDIMIENTOS/PROC%20NEG%20CON%20PUB%20NC%208-2012/NC%208-2012%20PLIEGO%20PRESCRIPCIONES%20T%20C3%2089CNICAS.PDF Pliego de condiciones para la contratación del mantenimiento del equipamiento audiovisual del centro tecnológico de la UNED.
- [W56] http://www.atae.org/ataekaria/FUNDAMENTOS%20_SONIDO_DIRECTO_Y_DIFUSO SOBRE LA INTELIGIBILIDAD%20_28_dc.pdf
- [W57] http://en.wikipedia.org/wiki/Twisted_pair
- [W58] http://www.pagineprezzi.it/a/lista_prodotto/idx/2110200/mot/Dmx/lista_prodotto.htm
- [W59] http://www.doctorproaudio.com/doctor/cajondesastre/pdfs/Directividad_DoctorProAudio.pdf Artículo sobre directividad de altavoces.

- [W60] <http://www.networkworld.com/news/2003/0903ipvid.html>. Artículo sobre estándar H.350.

FABRICANTES

- [F1] <http://www.space-bcn.com/es/pantallas.html>. Pantallas proyección space
- [F2] <http://www.nec-display-solutions.com/p/es/es/home.xhtml>. Proyector
- [F3] <http://pro.sony.com/bbsc/home.do>. Equipos profesionales SONY
- [F4] <http://www.gefen.com/>
- [F5] <http://www.tandberg.com/index5.jsp>. Tandberg, fabricantes de equipos videoconferencia, forma parte de CISCO.
- [F6] <http://www.mc2-audio.co.uk/>
- [F7] <http://www.albiral.com/>
- [F8] <http://www.samsung.com/es/#latest-home>
- [F9] <http://www.crestron.com/>
- [F10] <http://www.dts-lighting.com/>. Fabricante productos iluminación
- [F11] <http://www.shure.com/>. Fabricante micrófonos
- [F12] <http://www.dis.cc/sw26719.asp> Fabricantes sistemas conferencias
- [F13] <http://www.extron.es/>. Fabricantes de equipos de interconexión y control de audiovisuales
- [F14] <http://www.panasonic.es/>
- [F15] <http://www.marantz.es/es/Pages/Home.aspx>
- [F16] http://www.martin-audio.com/index_us.asp
- [F17] <http://www.yamahaproaudio.com/global/en/>
- [F18] <http://www.behringer.com/EN/Home.aspx>
- [F21] <http://www.kramerspain.com/> Fabricante de equipamiento audiovisual, cableado de audio y vídeo
- [F22] <http://www.belden.com/>. Fabricante de cableado
- [F23] http://www.gepco.com/PDF_files/Gepco_G11_Catalog.pdf Catálogo fabricante de cableado de audio y vídeo, catálogo
- [F24] <http://www.generalcable.es/>. Fabricante de cableado eléctrico
- [F25] <http://www.commscope.com/systimax/eng/index.html> Fabricante de cableado de comunicaciones.
- [F26] <http://www.omniline-ma.com/> Fabricante de altavoces, line array
- [F27] <http://www.dbxpro.com/en-US>
- [F28] <http://www.rane.com/>
- [F29] <http://www.altairaudio.com/>
- [F30] <http://www.srslight.sk/>
- [F31] <http://www.guil.es/productos/>
- [F32] <http://www.thomann.de/gb/botex.html>
- [F33] <http://www8.hp.com/es/es/home.html>